



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

VYUŽITÍ UMĚLÉ INTELIGENCE JAKO PODPORY PRO ROZHODOVÁNÍ PODNIKU

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DECISION MAKING IN THE FIRM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Filip Samuel Března

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav informatiky
Student: **Bc. Filip Samuel Března**
Studijní program: Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Informační management
Vedoucí práce: **prof. Ing. Petr Dostál, CSc.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Využití umělé inteligence jako podpory pro rozhodování v podniku

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle práce, metody a postupy zpracování
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu
Návrh řešení a přínos návrhů řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Vymezení řešeného problému a stanovení celkového a dílčích cílů. Provedení teoretického popisu základů použité teorie prostředků umělé inteligence, popis a analýza problému, vyhodnocení současné situace, provedení návrhu řešení a zhodnocení přínosu návrhu řešení.

Základní literární prameny:

DOSTÁL, P. Advanced Decision Making in Business and Public Services. Brno: CERM, 2011. 168 s. ISBN 978-80-7204-747-5.

DOSTÁL, P. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: CERM, 2012. 718 s. ISBN 978-80-7204-798-7.

HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.

MAŘÍK, V., O. ŠTĚPÁNKOVÁ a J. LAŽANSKÝ. Umělá inteligence. Praha: ACADEMIA, 2013. 2473 s. ISBN 978-80-200-2276-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně dne 29.2.2020

L. S.

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
ředitel

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Umělá inteligence a s ní související fuzzy logika patří v současnosti mezi velmi populární a rychle se rozšiřující technologická témata. Nachází uplatnění v mnoha oblastech, mezi které spadá i proces predikování budoucích stavů na základě specifických a konečných vstupních charakteristik. Tato diplomová práce se zabývá právě predikcemi, a to v oblasti zemědělského pěstování plodin. Jsou zde vysvětleny základní principy ovlivňující zmíněné pěstování, určen jejich význam a důležitosti, ty jsou poté vnímány jako klíčový aspekt pro tvorbu fuzzy modelů sloužících k samotné predikci. Konkrétně se jedná o proces hledání nejvhodnější plodiny na uvažované parcelu za účelem maximalizace zisku. Druhá polovina návrhové části je věnována popisu přístupů pro práci s fuzzy modely a slouží také k pozdější demonstraci aplikace vytvořené pro účely této práce.

Abstract

Artificial intelligence and fuzzy logic related to it currently belong to very popular and rapidly expanding technological subjects. It finds use in many areas, which also include the process of prediction of future states based on specific finite input characteristics. This master's thesis deals with predictions that are done in field of agricultural crops growing. Basic principles that are affecting mentioned agricultural growing are explained here, their meaning and significance are specified, these are later on perceived as a key aspect to creation of fuzzy models that are used for prediction. This process is specifically about finding out the most suitable crop on considered parcel for maximization of income. Second part of design section is dedicated to description of approaches for work with fuzzy models and is also used as demonstration of application created for purpose of this thesis.

Klíčová slova

umělá inteligence, neuronová síť, fuzzy logika, neuro-fuzzy učení, C++, MATLAB, predikce vhodnosti, pěstování zemědělských plodin

Keywords

artificial intelligence, neural network, fuzzy logic, neuro-fuzzy learning, C++, MATLAB, prediction of suitability, growing agricultural crops

Bibliografická citace

BŘEZNA, Filip Samuel. *Využití umělé inteligence jako podpory pro rozhodování v podniku*. [online] Brno, 2020. [cit. 2020-05-17] Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127694>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky. Vedoucí práce Petr Dostál.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana prof. Ing. Petra Dostála, CSc. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Bc. Filip Samuel Března
17. května 2020

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu prof. Ing. Petru Dostálovi, CSc. za odbornou, trpělivou a laskavou pomoc při vedení této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za přízeň a podporu během celého studia a v neposlední řadě také Janu Pechovi, který projevil velkou ochotu při externích konzultacích v rámci analyzované společnosti a rovněž tedy přispěl nemalým dílem k úspěchu této práce.

Obsah

ÚVOD	9
1 UMĚLÁ INTELIGENCE	10
1.1 Neuronové sítě	11
2 FUZZY LOGIKA	12
2.1 Praktické využití fuzzy logiky	14
2.2 Teorie fuzzy množin	15
2.2.1 Základní matematické operace	15
2.3 Proces zpracování fuzzy logiky	16
2.3.1 Fuzzifikace	16
2.3.2 Fuzzy inference	18
2.3.3 Defuzzifikace	19
2.4 MS Excel	19
2.5 MATLAB	20
2.5.1 Fuzzy model pomocí nástroje MATLAB	21
2.6 Programovací jazyk C++	22
3 PŮDA	23
4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	25
4.1 SWOT analýza	27
5 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ	28
5.1 Definice stanovených kritérií	28

5.1.1	Bonita půdy	29
5.1.2	Nadmořská výška.....	32
5.1.3	Průměrná teplota během růstu	32
5.1.4	Průměrné denní srážky během růstu	33
5.1.5	Erozní ohrožení.....	34
5.1.6	Vzdálenost od střediska	36
5.1.7	Délka pěstování plodiny	36
5.1.8	Předchozí plodina	37
5.1.9	Pěstební náročnost	39
5.1.10	Velikost parcely	40
5.1.11	Dotace	40
5.1.12	Ceny osiva.....	42
5.1.13	Výnosy	43
5.1.14	Zisk	44
5.2	Datová reprezentace	45
5.2.1	Popis transformační matice.....	45
5.2.2	Popis ohodnocené transformační matice	46
5.2.3	Popis vstupní stavové matice.....	47
5.2.4	Výpočet a retransformační matice	48
5.3	Proces vytváření fuzzy modelu v MATLABu	48
5.3.1	FIS editor	49

5.3.2	ANFIS editor.....	49
5.3.3	Model pro hodnocení kvality aspektů plodiny	52
5.3.4	Model pro hodnocení kvality aspektů půdy.....	54
5.3.5	Model pro hodnocení kvality aspektů ceny	56
5.4	Sjednocení fuzzy modelů	57
5.5	Uživatelská obsluha výsledného modelu	58
ZÁVĚR		60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		61
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ		65
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....		67

ÚVOD

Umělá inteligence, tedy proces snahy předávání lidského myšlení a chování strojům, představuje obrovskou příležitost pro budování technologického pokroku ve směrech, které by bez těchto přístupů nemohly být realizovány. V současnosti lze toto téma považovat za aktuálnější než kdykoliv dříve, přestože není zcela nové.

Diplomová práce se věnuje především fuzzy logice, která může být brána jako jedna z mnoha forem umělé inteligence. Ve zmíněné disciplíně nachází uplatnění, při v tomto směru neobvyklém, zemědělském průmyslu, pokouší se zde nahradit rozhodovací lidský faktor sofistikovanějším zcela objektivním, nezaujatým pohledem na problematiku. Cílem práce je vytvoření uživatelsky přívětivého nástroje pro predikci ekonomicky nejvhodnější tržní zemědělské plodiny uvažované pro výsadbu na vždy konkrétní zvolené parcele. Toho je dosaženo pomocí fuzzy modelů, které však musí být z důvodu své komplexnosti a počtu vstupních proměnných vytvářeny pomocí neuro-fuzzy učení.

V kapitole 1 a 2 je popsán teoretický základ ke zmíněným použitým technologickým přístupům. Součástí této části práce je rovněž představení nástrojů, v kterých je projekt realizován.

Další kapitola přibližuje půdu, z které vychází pěstitelské vlastnosti a požadavky, poukazuje na její důležitost a předkládá způsoby její ochrany.

Poté následuje analýza a popis současného stavu ve společnosti, pro kterou je práce vytvářena a s kterou byla navázána aktivní spolupráce při identifikaci vstupních proměnných a jejich vlivu na konkrétní uvažované plodiny.

Předposlední rozsáhlá kapitola se věnuje uvedení zjištěných ovlivňujících kritérií, a především samotnému návrhu řešení, vytváření modelů a představení aplikace vzniklé pouze pro tyto účely. Nasazení aplikace v reálném provozu, by mělo společnosti přinést nejen úsporu času při nelehkém rozhodování, ale také navýšení efektivity při hospodaření se zdroji a zvýšení sezonních příjmů.

Na závěr je celá práce zhodnocena, je zde poukázáno na slabé i silné stránky tak, aby bylo zřejmé, které aspekty by bylo možné v budoucnu vylepšit.

1 UMĚLÁ INTELIGENCE

Umělá inteligence patří mezi jednu z nejpopulárnějších oblastí informačních technologií současné doby a lze na ni narazit v souvislosti s celou řadou problémů a výzev, které nebyly do nedávné doby pro lidskou společnost řešitelné. Tento vědní obor tedy přináší obrovskou příležitost k technologickému posunu, ale s ním pravděpodobně rovněž o to větší zodpovědnost; některými je považován za pro lidi nejnebezpečnější nástroj s kterým se může naše společnost potýkat. Proces vytváření umělé inteligence představuje snahu napodobit lidské myšlení, resp. lidský mozek a předat tuto schopnost zvolenému autonomnímu systému.

Přestože se může téma umělé inteligence zdát poměrně nové, záležitostí poslední dvoudekády, jeho počátky lze nalézt již v roce 1950. Je třeba zmínit, že v historii došlo několikrát k útlumu zájmu, vždy se však poté tento vědní obor uchytil ještě více, nežli tomu bylo do té doby.

Za otce umělé inteligence lze považovat výjimečného muže, matematika a kryptoanalytika Alana Turinga. Mezi jeho největší životní úspěch patří splnění tehdy téměř nemožného úkolu, a to rozluštění nacistického šifrovacího stroje Enigma, to se ukázalo být jako klíčové pro vítězství Spojenců ve druhé světové válce. Podle dnešních historiků urychlil průběh války až o dva roky a zachránil tak nespočet lidských životů; nebýt něj, možná bychom dnes žili v zcela odlišném světě. A právě Alan Turing jako první začal veřejně předkládat myšlenky spojující inteligenci se stroji. Tvrdil, že pokud dokáže stroj nahradit lidský faktor natolik, aby nedokázal být rozpoznán od člověka, lze jej považovat za inteligentního. Věřil, že vše, co dokáží lidé, dokáží v budoucnu stejně dobře i stroje. Až čas však ukáže, zda měl v něčem takovém pravdu či nikoliv. [1]

„We may hope that machines will eventually compete with men in all purely intellectual fields.“

(Alan Turing 1950 v článku Computing machinery and intelligence [2])

Umělá inteligence zažívá velký rozkvět, který lze vidět například i na strojovém rozpoznávání hlasu, existenci androidů nebo na skutečnosti, že v současnosti již neexistuje žádná ze společenských her, v které by byl člověk lepší než stroj. A právě hry byly často používány jako hnací motor k dalšímu rozvoji tohoto vědního oboru, a to z toho důvodu, že velmi důrazným způsobem vyvrací původní mínění společnosti – výhra stroje nad člověkem v čisté intelektuální oblasti není a nikdy nebude možná.



Obrázek 1: Umělá inteligence, souboj člověka a stroje; převzato z [3].

1.1 Neuronové sítě

Neuronové sítě úzce souvisí s problematikou umělé inteligence, jedná se o algoritmy inspirované chováním lidského mozku. Základní prvek sítě představuje neuron, ty jsou uspořádány do libovolného počtu vrstev odpovídajících vždy konkrétním požadavkům, přičemž vrstvy umístěné mezi vstupní a výstupní částí sloužící k většině výpočtům, jsou považovány za skryté. Každá neuronová síť přijímá současně jeden až několik datových vstupů a na nich je následně prováděn proces trénování, který umožní z dat vypočítat charakteristické vzorce chování. Taková zjištění poté poskytují příležitost předpovědět výstup pro zcela novou netrénovanou datovou sadu. Dobrým ilustračním příkladem použití může být například neuronová síť na rozpoznání obrazových čísel. Lidský mozek snadno číslo rozpozná i v horší kvalitě nebo značně nedokonalém zápisu, pro počítač vnímající pouze sekvenci pixelů je to pochopitelně problém, avšak kvalitně natrénovaná neuronová síť si poradí i s něčím takovým. [4]

2 FUZZY LOGIKA

V reálném světě nelze každou vzniklou situaci vyjádřit jednoznačnou dvoustavovou reprezentací a přistupování k problematice tedy mnohdy vyžaduje využití jemnější škálovatelnosti posuzovaných stavů. S příklady potvrzujícími tuto skutečnost se lze setkat v každodenním životě velmi často a z toho důvodu jich je možné najít celou řadu. Vzorovou ukázkou nejednoznačnosti může být posuzování výšky člověka, pokud by k této úvaze bylo přistupováno pouze s využitím dvou stavů, zde by je představovala dvojice *vysoký člověk* a *nízký člověk*, pak by nikdy nešlo správně zachytit reálný stav a objektivně interpretovat výstupní informaci. Tuto skutečnost je možné vidět na obrázku 2. Dalším úskalím by byla volba výškové hranice; tedy určení od kolika centimetrů je člověk rázem považován za vysokého.

Podobný názorný příkladem představuje teorie o paradoxu hromady, s kterou přišel Eubúlídés z Milétu čtyři století před naším letopočtem v rámci sedmi slavných logických paradoxů. Zmíněný paradox poukazuje na skutečnost, že jedno zrnko pšeničky samo o sobě hromadu netvoří, pokud se však budou zrna přidávat, musí se nakonec dojít k situaci, kdy již skupina zrn začne být za hromadu považována a následným odebráním posledního přidaného zrna ji pak lze zase zrušit. Eubúlídés považuje takový koncept za absurdní, přidání jednoho zrna hromadu nikdy neutvoří, nelze tedy na takové okolnosti pohlížet dvoustavovou logikou.

Fuzzy logika, patřící mezi jeden z používaných konceptů umělé inteligence, vznikla právě za účelem eliminace výše zmíněného nedostatku a přišel s ní v šedesátých letech minulého století pan Lotfi Zadeh. Rozšiřuje tak Booleovu logiku, která reprezentuje všechny skutečnosti pouze za pomoci pravdivého, popřípadě nepravdivého stavu a sady pravidel mezi nimi. Termín fuzzy popisuje vágnost a neurčitost, přičemž ve fuzzy logice připadá každému výroku specifikovaný stupeň pravdivosti; tvrzení jsou částečně pravdivá, částečně nepravdivá, tuto skutečnost následně reprezentujeme intervalem od nuly do jedné. Tento princip přístupu k ohodnocování předmětů zájmu umožňuje značně vyšší flexibilitu a přesnost.

Každý si během svého života vytváří jedinečný pohled na sebe a své okolí, je ovlivňován svými zkušenostmi a společnostmi v které se pohybuje, všechny situace může

posuzovat naprosto odlišně než ostatní kolem. Fuzzy logika pomáhá odstranit problém subjektivity lidského vnímání, které ilustruje následující obrázek 2. S takovým scénářem si je možné objektivně poradit například určením horní a dolní výškové hranice a posuzováním statistických údajů společnosti za pomoci Gaussova pravděpodobnostního rozdělení. Druhým jednodušším přístupem může být seřazení skupiny posuzovaných lidí podle výšky, stanovení minima a maxima, které by v takové situaci představovaly hodnoty 0 resp. 1 a následná reprezentace úrovně příslušnosti pro ostatní členy. Člověku o výšce 180 cm, pak může příslušet třeba hodnota 0,6, kterou si lze představit jako 60% příslušnost k vysoké osobě. [5] A přesně o takovém určování příslušnosti k určité skupině charakteristik pojednává fuzzy logika.



Obrázek 2: Nejednoznačnost dvoustavového posuzování situací; převzato z [6].

2.1 Praktické využití fuzzy logiky

Fuzzy logika nenachází uplatnění pouze v inženýrských oblastech, ale rovněž ve velkém množství dalších vědních oborů, mezi které spadají i matematické výzkumy, přírodní vědy, softwarový vývoj a mnoho dalších. Mezi konkrétní praktické aplikace patří například řízení chodu praček a kamer, zpracování obrazu, robotika, anebo také řízení strategií pro obchodování na burze s cennými papíry.

Fuzzy logika samozřejmě není odpovědí na všechny vzniklé výzvy a příležitosti, je třeba pečlivě uvážit, kdy je vhodné ji použít a k tomu lze využít typických směrodatných indikátorů. [7]

Vhodné případy použití fuzzy logiky:

- 1) Proces je natolik složitý a komplexní na to, aby jej šlo snadno zvládnout.
 - a. Existuje velké množství scénářů, které mohou během procesu nastat a je třeba se na základě nich rozhodovat.
- 2) Systémové operace vyžadují neustálou pozornost a vstupní rozhodovací znalosti.
 - a. Je nutné při procesu dosahovat neustále stejné kvality, což může být při výrobě značně náročný úkon. Příkladem může být výroba míchaných nápojů, kdy nedokáže lidská obsluha ve všech případech zajistit zcela správnou požadovanou konzistenci.
- 3) Některý z parametrů procesu přímo ovlivňuje jiné parametry.
- 4) Proces může být popsán slovním vyjádřením a není zapotřebí matematické interpretace.
 - a. Příkladem může být ovládání brzd elektrického vozidla za pomoci rekuperace¹, které není snadné reprezentovat matematickou formou, a proto se ze slovního popisu aktuální pozice objektu vytváří série pravidel fuzzy logiky. Do členských funkcí se následně dosazují vstupní parametry, mezi které patří současná rychlost vozidla.
- 5) U procesu existuje značná šance, že bude v budoucnu kladen důraz na zvýšení jeho kvality.

¹ přeměna kinetické energie dopravního vozidla na využitelnou elektrickou energii pro následné brzdění

2.2 Teorie fuzzy množin

Zobecnění pojmu klasické množiny není zcela intuitivní a snadno představitelné, naopak pro pravdivostní funkci teorie fuzzy množin platí, že množina pravdivostních hodnot nabývá uzavřeného intervalu reálných čísel $\langle 0, 1 \rangle$.

$$\mu_A : X \rightarrow \langle 0, 1 \rangle,$$

představuje charakteristickou funkci, kde X je univerzální množina a A znázorňuje fuzzy podmnožinu univerza X . Každý prvek z množiny X pak s určitou mírou, patří do intervalu nula až jedna přísluší do množiny A . [8]

2.2.1 Základní matematické operace

Sjednocení

$$A \cup B \Leftrightarrow \mu_{A \cup B} = \mu_A \vee \mu_B = \max(\mu_A, \mu_B)$$

Průnik

$$A \cap B \Leftrightarrow \mu_{A \cap B} = \mu_A \wedge \mu_B = \min(\mu_A, \mu_B)$$

Doplňek

$$\bar{A} \Leftrightarrow \mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A$$

Algebraický součin

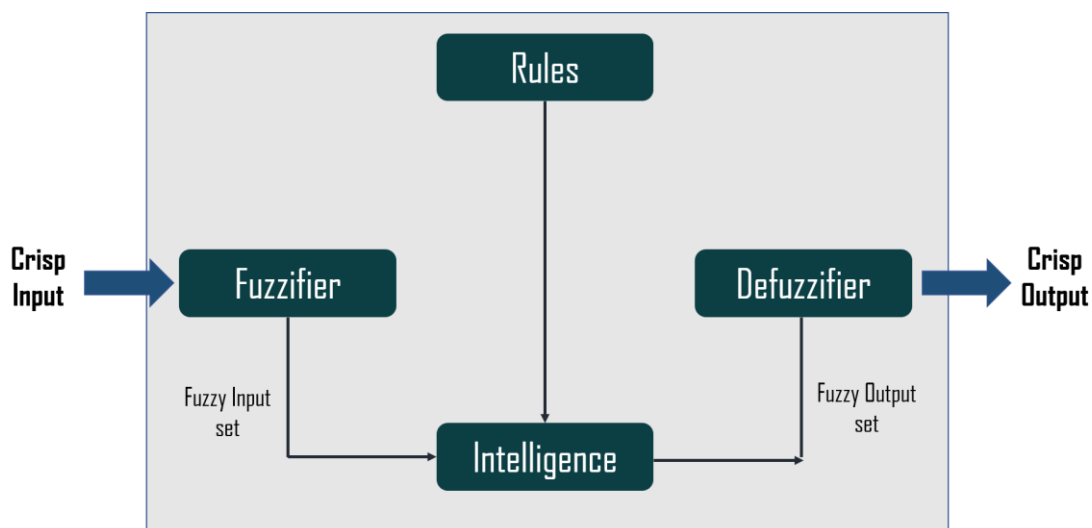
$$A \cdot B \Leftrightarrow \mu_{A \cdot B} = \mu_A \mu_B$$

Algebraický součet

$$A + B \Leftrightarrow \mu_{A+B} = \mu_A + \mu_B - \mu_A \mu_B = 1 - (1 - \mu_A)(1 - \mu_B)$$

2.3 Proces zpracování fuzzy logiky

Následující kapitola popisuje techniku vytváření modelu ve fuzzy logice a provádí čtenáře sérií požadovaných úkonů a jejich logickou posloupností. Systém fuzzy logiky se skládá ze tří částí, které zachycuje následující obrázek 3.

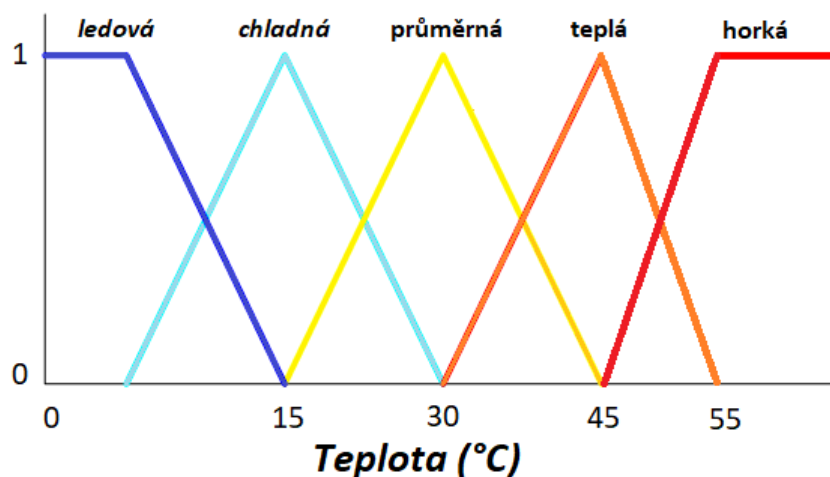


Obrázek 3: Proces zpracování fuzzy logiky; převzato z [9].

2.3.1 Fuzzifikace

Proces fuzzifikace představuje první krok při tvorbě modelu ve fuzzy logice, tento termín označuje převod vstupních sledovaných proměnným na jazykové proměnné, které jsou vyjadřovány slovně nebo za pomoci vět. Následně jsou jazykovým proměnným podle zmíněných zákonitostí fuzzy logiky přiřazeny stupně členství neboli pravdivostní příslušnosti. Jazykovou proměnnou může být například teplota vody a jejími atributy s úrovněmi příslušnosti pak množina stavů *ledová*, *chladná*, *průměrná*, *teplá* a *horká* voda.

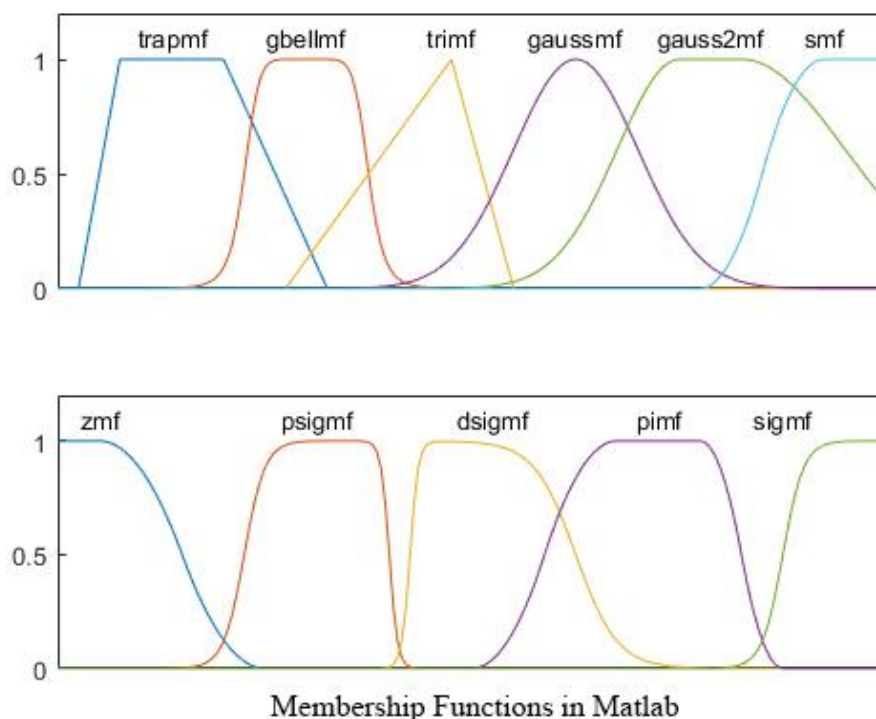
Reálná vstupní hodnota nemusí aktivně náležet pouze jednomu z jazykových atributů. Tuto skutečnost zachycuje následující obrázek 4, na kterém je možné vidět, že hodnotu teploty vody při 35 °C, lze považovat ze 75 procent za průměrnou a z 25 procent za teplou. Chování každého atributu popisuje členská funkce, kterou je třeba pečlivě volit. Tento proces není vždy zcela jednoznačný a může představovat nelehké rozhodování, které je třeba iterativním způsobem empiricky ověřovat.



Obrázek 4: Zachycení příslušnosti k jazykovým vstupním atributům; vlastní zpracování.

Členské funkce

Členské funkce graficky zachycují příslušnosti vstupů k fuzzy množině atributů. Lze se setkat s celou řadou těchto funkcí a v této podkapitole budou postupně představeny oblíbené a často používané varianty. V pomocném matematickém programu MATLAB 2.5 existuje jedenáct různých, více či méně podobných, členských funkcí, které jsou představeny na následujícím obrázku 5.



Obrázek 5: Členské funkce v nástroji MATLAB; převzato z [10]

Znázorněné členské funkce jsou na základě svého tvaru rozdělitelné do několika kategorií, první z nich jsou funkce skládající se pouze z úseček, jedná se o trojúhelníkovou funkci (*trimf*), která připomíná trojúhelník a dále trapezoidální funkci (*trapmf*). Tyto varianty představují nejjednodušší přístup k problematice výběru a jelikož v nich lze nalézt podobnost s oblíbeným Gaussovým rozdělením, tak jsou často voleny.

Další podskupina členských funkcí vychází právě ze zmíněné křivky Gaussova rozdělení (*gaussmf*, *gauss2mf*). Tento přístup patří mezi ty úplně nejoblíbenější, protože nejlépe zachycuje svět, který nás obklopuje. Mnozí lidé dokonce s mírnou nadsázkou tvrdí, že se dá pomocí Gaussova rozdělení modelovat téměř každá vzniklá situace. Vizuálně velmi podobným případem je funkce zvonovitého tvaru (*gbellmf*), pomocí které je možné reprezentovat plnohodnotný stupeň členství pro rozsáhlejší množinu vstupů.

Následují sigmoidální funkce (*psigmf*, *dsigmf*, *sigmf*), které se často využívají jako aktivační funkce pro neuronové sítě.

Poslední rozdělení uzavírají polynomiální členské funkce, které byly pojmenovány na základě svých tvarů. Křivka Z (*zmf*), křivka S (*smf*) a křivka přirovnávaná k znaku PI (*pimf*).

2.3.2 Fuzzy inference

Fuzzy inference reprezentuje klíčovou část celého systému fuzzy logiky, představuje hlavní rozhodovací jádro, které zajišťuje provádění těch nejdůležitějších úkonů. Jedná se o mapování vstupů na výstupy na základě předem definovaných pravidel, a to za pomoci členských funkcí 2.3.1, operátorů fuzzy logiky vycházejících z principů matematických operací nad množinami 2.2.1, a především logických podmínek. A právě ze zmíněných logických podmínek, které lze chápat typicky jako *if-then* (*jestliže-pak*) pravidla, se skládá celá odvozovací síť obstarávající chování systému.

2.3.3 Defuzzifikace

Defuzzifikace představuje inverzní operaci k fuzzifikaci, dochází zde tedy k transformaci fuzzy množiny na jedno jediné reálné číslo. Přestože v praxi neexistují absolutně přesné hodnoty, tak je nutné v rámci této oblasti a pro účely další interpretace výstupu hodnoty za zcela přesné považovat. Defuzzifikace představuje výrazně náročnější úkon, nežli je tomu u fuzzifikace a existuje celá řada způsobů, jak ji realizovat; ty jsou však ve všech případech velmi komplexní a jejich vysvětlení není předmětem této práce. [11]

2.4 MS Excel

Kancelářský nástroj MS Excel od společnosti Microsoft představuje celosvětově nejpopulárnější program sloužící k vytváření tabulek a k práci s nimi. Vznikl již v roce 1993 a je součástí známého kancelářského balíku Microsoft office. Nabízí řadu matematických funkcí a je možné jej rozšířit rovněž o formulářové prvky, které lze programovat v jazyce Visual Basic.

Pro účely této práce je využíván při sestavování transformačních matic 5.2.1, které zachycují přehled vstupních parametrů formou jazykových proměnných, popřípadě stavových matic sloužících k výběru atributů 5.2.3.

2.5 MATLAB

MATLAB (zkrácená varianta spojení MATrix LABoratory – MATicová LABoratoř) je programovací jazyk, který lze v některých ohledech přirovnat k mnoha ostatním programovacím jazykům; přesto je u něj možné najít aspekty jedinečnosti. Tento jazyk byl vytvořen již v roce 1984 pro vědeckotechnické účely a získal si celosvětově nejen velké sympatie, ale i obdivuhodný počet aktivních uživatelů, který se již pohybuje v milionech, rovněž se s ním lze setkat na více než pěti tisíci univerzitách. MATLAB umožňuje rychlé řešení matematických výzev, s kterým se nelze vyhnout v mnoha vědních oborech a aktuálně patří mezi nejoblíbenější nástroje vědních analytiků. Další nespornou výhodou MATLABu je skutečnost, že byl tento jazyk zabudován do uživatelského rozhraní s rychlou možností využití mnoha vestavěných knihoven.

Možnosti využití nástroje:

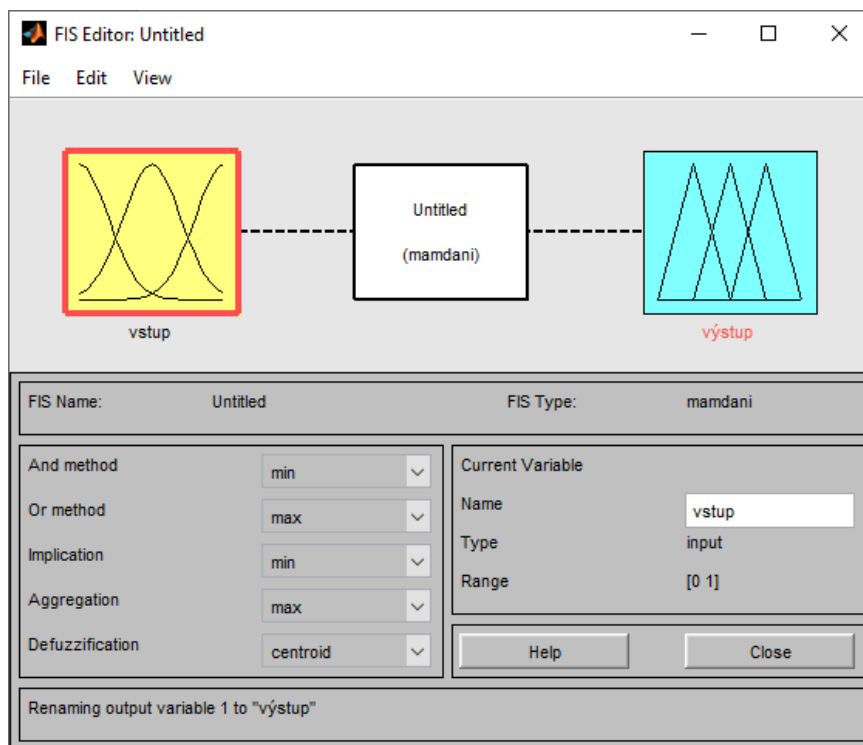
- vykonávání numerické lineární algebry
- numerické výpočty s využitím matic
- datová analýza a vizualizace
- vykreslování grafů pro rozsáhlé datové soubory
- vývoj vlastních algoritmů

Mezi přednosti MATLABu patří i skutečnost, že zde dochází k optimalizaci volání veškerých knihoven a algoritmy mohou být prováděny v rámci paralelního přístupu. To přináší velké časové úspory, které jsou v mnoha situacích, především při práci s rozsáhlými datovými vstupy a obecně s maticemi nedocenitelné. MATLAB rovněž obsahuje grafický systém Simulink, pro dvoudimenzionální i třídimenzionální reprezentaci vizuálního obsahu. [12]

2.5.1 Fuzzy model pomocí nástroje MATLAB

Jednou ze zmíněných zabudovaných knihoven v MATLABu je i nástroj pro práci s fuzzy logikou. Pomocí příkazu `fuzzy`, je možné spustit Fuzzy Toolbox program, čímž se dostaneme do nastavení FIS (Fuzzy Inference System) editoru. V tomto momentě je v první řadě nutné nastavit přehled vstupů, pro ně příslušné členské funkce 2.3.1 a jejich vlastnosti, přičemž vstupy mohou vždy obsahovat více než jednu proměnnou. Stejnou operaci je nutné provést i pro výstupní proměnné. Dále se v prostředním bloku nastaví přehled pravidel, které budou vykonávat logiku celého fuzzy systému. Blok pro definici pravidel může být dvou typů, jedním je *sugeno*, který je určený pro matematické analýzy a neumožňuje na výstupu využití členských funkcí, ani větší počet samotných výstupů a ke stanovení výsledku, kterým bývá konstanta, popřípadě lineární výraz, nevyužívá defuzzifikace. Druhý typ představuje *mandami*, ten odstraňuje výše zmíněné nedostatky a výstup reprezentuje pomocí defuzzifikace. Po vytvoření těchto pravidel lze pomocí trojrozměrného grafu zobrazit jednotlivé závislosti proměnných.

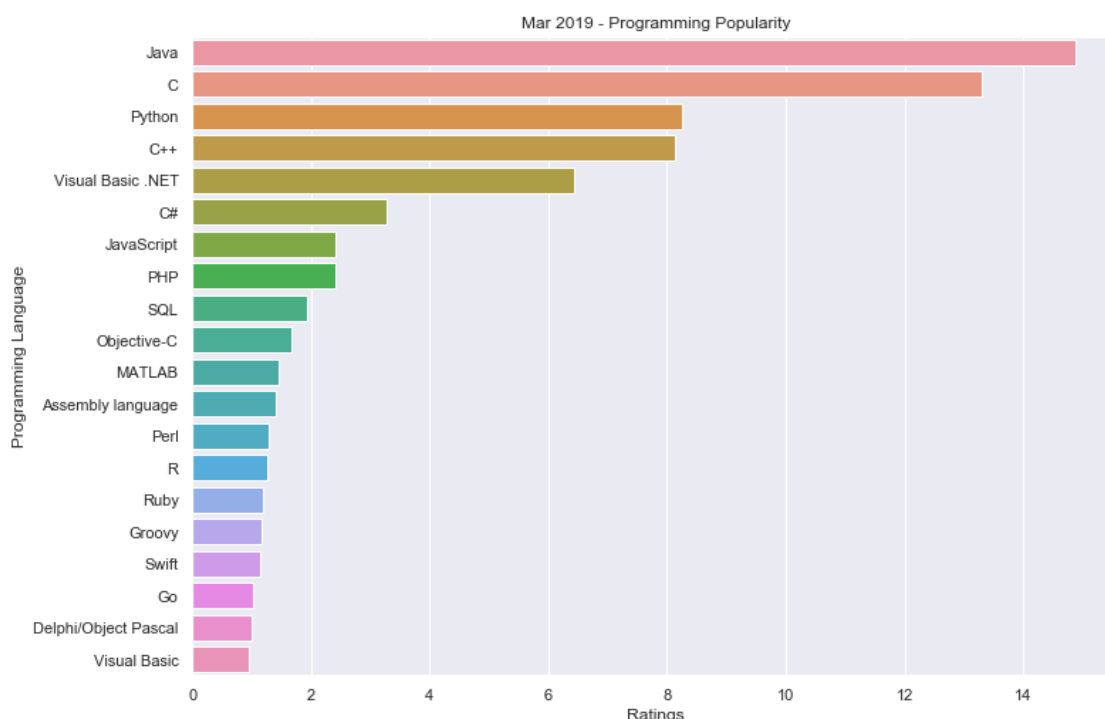
Sestavený model lze snadno následně uložit jako soubor s příponou *fis* a dále s ním v budoucnu pracovat.



2.6 Programovací jazyk C++

C++ je jeden z nejoblíbenějších programovacích jazyků nedávné historie a současnosti, který oplývá především svou univerzálností a vysokou rychlostí, bývá tedy často používán v projektech vyžadujících velký výkon a výpočetní sílu. Obrovskou výhodou C++ je rovněž skutečnost, že podporuje řadu odlišných programovacích paradigmat, mezi které patří generické, objektově orientované a procedurální programování. Otcem jazyka je Bjarne Stroustrup, který jej vytvořil roku 1985 jako rozšíření jazyka C, tehdy bezesporu nejpopulárnějšího vývojářské varianty své doby. Tým zabývající se tvorbou C++ přichází aktuálně každé tři roky s novou verzí, která následně rozšiřuje stávající funkcionalitu; přesto je neustále udržována zpětná kompatibilita, což má pozitivní i negativní dopady.

Programovací jazyk umožňuje vytvářet třídy a poskytuje uživatelům možnost tvorby vysoké úrovně abstrakce, která je často potřebná při snaze simulovat situace zachycené v běžném světě. Představuje tak nástroj usnadňující pochopení problematiky očima člověka, nikoliv stroje. Každý program by měl být psán s ideou, že je určen pro lidi, nikoliv počítače, právě tehdy dosahuje výrazně vyšší kvality.

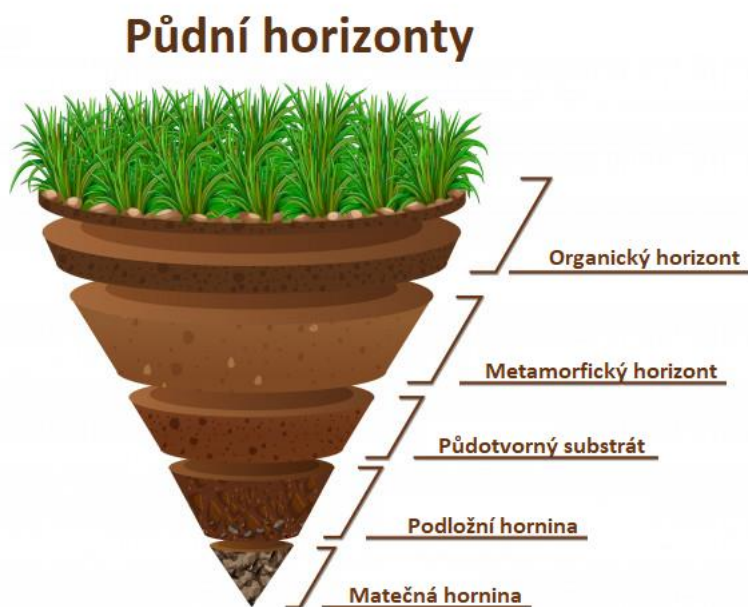


Obrázek 6: Popularita programovacích jazyků rok 2019; převzato z [13].

3 PŮDA

Pro jednu osobu představuje půda něco vzácného, pro jinou něco obyčejného, je však jisté, že provází veškerý život na naší planetě a člověk by bez ní nedokázal existovat; je stejně důležitá jako kyslík, který dýcháme. Půda vznikala přeměnami horniny v podloží, dlouhodobým působením vody, střídáním teplot a dalšími vlivy prostředí, a to po dobu stovek tisíc let; většina současné půdy není starší než z období diluvia, tedy přibližně přes 2,5 milionů let a neustále se vyvíjí.

Půda tvoří vnější vrstvu zemské kůry a je prostoupená minerály, vodou, vzduchem a organismy, přičemž její vrstvy se dělí do několika půdních horizontů, které popisuje následující obrázek 7.



Obrázek 7: Schéma půdních horizontů; převzato a modifikováno z [14].

Půda nás všechny živí a je zřejmé, že s celosvětově přibývajícím počtem žijících lidí rostou i nároky na množství obdělávané půdy, aktuálně přibližně každý desátý člověk na planetě trpí každodenním nedostatkem jídla. [15] Tato skutečnost představuje zásadní problém, jelikož množství úrodné půdy se nezvyšuje, ale naopak klesá, důvody k zmíněnému úbytku a jejich dopad popisuje následující část podkapitoly.

Ochrana půdy

Často se hovoří o nutnosti ochrany oceánů, ale o ochraně půdy už výrazně méně, a to i přestože dochází při snižující se kvalitě a množství půdy k ohrožení velké části života na Zemi. Pouze přibližně 12 % povrchu planety je vhodných pro pěstování plodin a každou vteřinu dochází ke ztrátě úrodné půdy o velikosti fotbalového hřiště, navíc více než 50 % celosvětové zemědělské půdy zažívá svoji degradaci. Přírodě přitom trvá přibližně 500 let vytvořit novou vrstvu o průměru 25 mm, přičemž člověk dokáže svým přičiněním způsobit ztrátu až jednoho mm půdy ročně, to představuje celkovou roční ztrátu až 36 miliard tun půdy. [16]

Mezi důvody k degradaci a úbytku úrodné půdy patří masivní kácení lesních ploch bez jejich následné obnovy, a to za účelem snadného finančního zisku, dále rozsáhlé výstavby obytných ploch a v neposlední řadě i případné nešetrné zemědělské zacházení, které vede ke zvýšení eroze půdního materiálu 5.1.5. [17]

Tuto skutečnost si již uvědomilo mnoho světových organizací a začaly aktivně pracovat na globálním zvýšení kvality půdního materiálu pomocí vydávání restrikcí, resp. pěstitelských zásad pro zmírnění případného negativního dopadu. Ministerstvo zemědělství České republiky vytvořilo v roce 2019 uživatelskou příručku popisující, která pěstitelská pravidla je třeba ctít a jak erozi půdy zabránit. [18]

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Tato kapitola se věnuje vybranému podniku, s kterým byla navázána aktivní spolupráce a přibližuje podnikatelské oblasti působení, ty jsou následně rozšířeny o silné a slabé stránky jimiž firma disponuje.

Popis společnosti

Obchodní jméno:	Zemědělské družstvo Dušejov, družstvo
IČO:	00136450
Právní forma:	Družstvo
Adresa:	Dušejov 151, 588 05 Dušejov
Datum vzniku:	12. červen 1953

Společnost Zemědělské družstvo Dušejov, družstvo (dále již jen jako ZD Dušejov) byla založena v roce 1953 zápisem do obchodního rejstříku Krajského soudu v Brně, a to s hodnotou základního kapitálu ve výši 3 milionů korun. Přestože společnost působí už dlouhou řadu let, tak za dobu svého trvání nezměnila hlavní náplň své činnosti a stále podniká v oblastech uvedených ve výpise z obchodního rejstříku. Mezi zmíněné činnosti patří zemědělská výroba a lesní výroba včetně prodeje produktů těchto výrob. Dále silniční motorová doprava, mezi kterou spadá nákladní doprava provozovaná vozidly nebo jízdními soupravami o největší povolené hmotnosti přesahující 3,5 tuny, pokud jsou určeny k přepravě zvířat nebo věcí a také osobní doprava provozovaná vozidly určenými pro přepravu nejvýše 9 osob včetně řidiče. Posledním předmětem podnikání společnosti je výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona. [19]

Hlavním cílem společnosti je stát se stabilním, pozitivně vnímaným dodavatelem zemědělských produktů na území České republiky s primárním zaměřením na kraj Vysočina, který je pro podnik domovinou. Představovat subjekt, na jehož ochotný přístup a kvalitu zboží se mohou zákazníci vždy spolehnout. Zemědělství je zde vnímáno jako úzce provázaná rostlinná a živočišná výroba, tento přístup zajišťuje udržitelnost dobrého environmentálního stavu půdy a rovněž zabraňuje její erozi **5.1.5**. Společnost dodržuje principy správné zemědělské praxe a zásady welfare při chovu dobytka; ty pojednávají o přímé ochraně zvířat proti jejich týrání a snaží se jim tak zajistit fyzickou i psychickou pohodu. Celá řada produkovaných zemědělských komodit je určena v tzv. uzavřeném kruhu ke zpracování na potravinářské výrobky. Mezi ukázkou velkého odběratele spolupracujícího s ZD Dušejov lze považovat pivovar Bernard, který je známý svými vysokými nároky na kvalitu sladovnického ječmene, ten je narozdíl od běžného ječmene testován v laboratořích a následně certifikován jakostní značkou.

Mateřská společnost ZD Dušejov zastřešuje další dvě sesterské společnosti, mezi které patří AGROZA, spol. s.r.o. a ZD Zbilidy s.r.o., oba podniky se věnují naprosto stejnému předmětu podnikání a opět se jedná především o zemědělskou výrobu. Společnosti jsou odděleny za účelem distribuce parcel do většího počtu nadřazených skupin a projevuje se zde tedy snaha o vyšší podnikovou škálovatelnost. Veškeré rozdělení je prováděno na základě polohy centrální stanice, pro ZD Zbilidy s.r.o. se tato stanice nachází ve stejnojmenné obci Zbilidy, pro AGROZA, spol. s.r.o. je situace mírně zajímavější, centrála leží poblíž obce Žirovnice; obě uvedené vesnice jsou v okolí Dušejova.

4.1 SWOT analýza

SWOT analýza slouží k zhodnocení vnitřních, ale i vnějších faktorů ovlivňujících úspěšnost organizace a používá se pro strategické řízení. [20] Tato kapitola se věnuje analýze těchto faktorů pro společnost ZD Dušejov jako celek.

Silné stránky

- soběstačnost
- značka vnímaná jako záruka kvality
- perspektivní odběratelé (pivovar Bernard, Jihlavské mlékárny, Novako a další)
- dlouholetá tradice
- rozčlenění na sesterské společnosti

Slabé stránky

- malá různorodost plodin ovlivněná místními podmínkami
- neshody o postupech pěstování a ošetření plodin
- umístění v méně úrodném kraji Vysočina a ve vyšších nadmořských výškách

Příležitosti

- zajištění zahraničního prodeje
- zakoupení modernější techniky
- rozšíření portfolia pěstovaných plodin
- nákup další zemědělské půdy

Hrozby

- nepříznivé počasí (kroupy, sucho)
- požáry
- poruchy strojů
- zdražení pohonných hmot
- hlodavci

5 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

Následující kapitola se věnuje vytváření rozhodovacího modelu, který je stěžejním jádrem celé práce. Aby mohl být tento model sestaven, je nejprve nutné správným způsobem určit vstupní klíčová kritéria, právě ty jsou popsány v úvodních částech kapitoly. Následně je třeba udělat datové sady reprezentující definované vstupy a k nim odpovídající výstupy, z té bude model vycházet při procesu svého sestavování. Závěr kapitoly slouží k popisu aplikace vytvořené za účelem uživatelsky snadné obsluhy specifikovaných fuzzy modelů.

Stanovení kritérií

Stanovení kritérií je klíčovým předpokladem k úspěšnému sestavení rozhodovacího modelu, pokud nebudou kritéria zvolena vhodným způsobem, tak tím bude výstup práce výrazně ovlivněn a nemusí odpovídat očekávání, v krajních případech se může stát až zcela neužitečným. Určení kritérií je rovněž proces, který nevychází z jednoznačného obecného schématu a nelze jej tedy zautomatizovat; vždy se pevně váže na konkrétní podnikovou oblast a také přímo na jedinečný podnik. Pro ZD Dušejov byla vybrána taková kritéria, která zásadním způsobem ovlivňují výběr nasazené tržní plodiny a zároveň se jejich hodnoty znatelně liší v souvislosti s parcelami na všech katastrálních územích.

5.1 Definice stanovených kritérií

Následující podkapitola popisuje vybraná kritéria, každé z nich ovlivňuje výsledný model odlišnou intenzitou na základě vah důležitosti, ty jsou vždy uvedeny v části práce popisující tvorbu jednotlivých modelů a vychází ze znalostí získaných při konzultacích se zaměstnanci analyzované společnosti.

5.1.1 Bonita půdy

Celým názvem se jedná o bonitované půdně-ekologické jednotky (BPEJ), které udávají přehled o vlastnostech půdy na území celé České republiky. Zkráceně bonitní jednotky slouží k absolutnímu, názornému ohodnocení produkční schopnosti zemědělských parce, zjednodušeně pak lze tvrdit, že prezentují kvalitu a hodnotu pozemku. BPEJ se začaly historicky měřit již po třicetileté válce, tedy v 17. století a aktuálně jsou ukládány do databáze, která je vedena Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy sídlícím v Praze. Informace o bonitě půdy jsou neustále aktualizovány a zpřesňovány, a to z důvodu zohlednění degradačních změn, hydromorfismu půdy nebo popřípadě kvůli určení BPEJ u nových pozemků nebo pozemků s prokazatelně chybným předchozím stanovením bonity.

Kódy BPEJ jsou udávány jako posloupnosti pěti čísel, přesný význam jejich kódování popisuje tabulka 1, která je provázena vysvětlením zmíněných atributů.

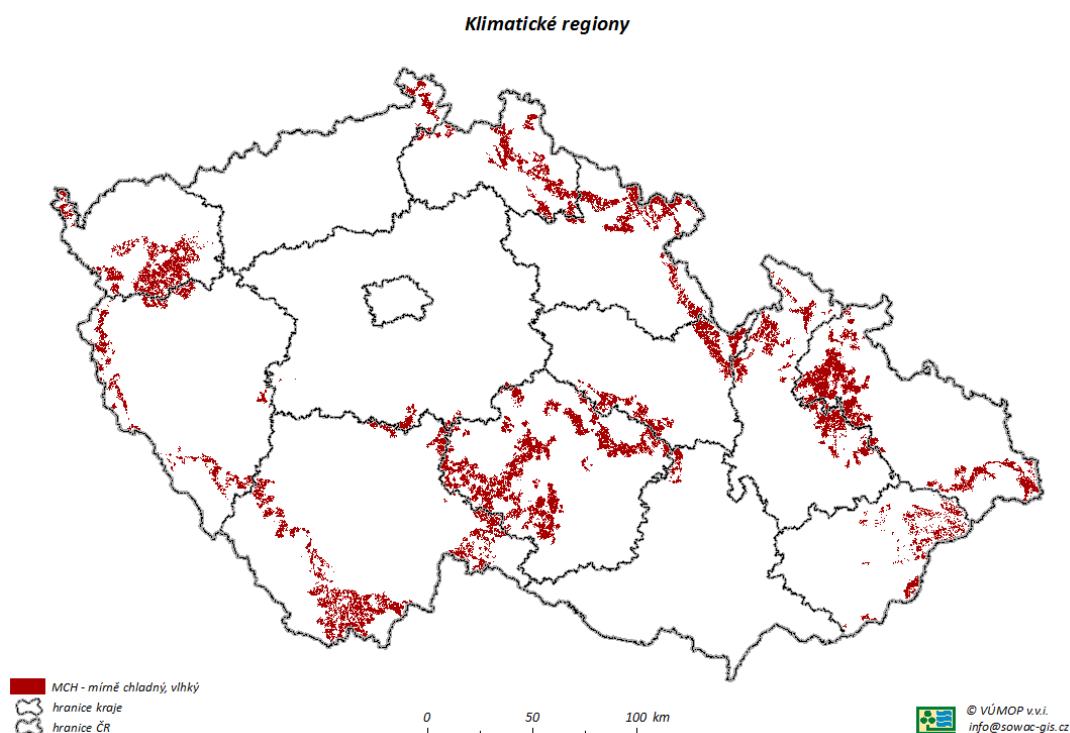
Kód BPEJ	Význam kódu číslic	Platný rozsah hodnot
X.xx.xx	Klimatický region	0 – 9
x.XX.xx	Hlavní půdní jednotky	1 – 78
x.xx.Xx	Sklonitost a expozice	0 – 9
x.xx.xX	Skeletovitost a hloubka půdy	0 – 9

Tabulka 1: Popis kódů BPEJ; vlastní zpracování.

Klimatický region

Klimatický region reprezentuje území s podobnými klimatickými podmínkami pro pěstování zemědělských plodin. Jejich rozdělení představuje poměrně komplexní úlohu a bylo sestaveno na základě hlavních kritérií mezi které patří například průměrné srážky, průměrná roční teplota, pravděpodobnost výskytu suchých období, nadmořská výška a mnoho dalších.

Následující obrázek 8 popisuje osmý klimatický region, který zahrnuje všechna podhůří o nadmořské výšce zpravidla nad 550 m, také se v něm nachází pozemky ZD Dušejov a z toho důvodu byl vybrán na bližší rozbor. Region je označován jako *mírně chladný, vlhký* a je charakteristický průměrnou roční teplotou v rozsahu 5 až 6 °C, průměrným úhrnem srážek 700 až 800 mm a pravděpodobností suchých vegetačních období pohybující se mezi 0 až 5 %.



Obrázek 8: Mapa klimatického regionu 8; převzato z [21].

Hlavní půdní jednotka

Hlavní půdní jednotka určuje seskupení půdních forem na základě jejich podobných vlastností. Tento ukazatel je dělen až na 78 odlišných kategorií, které se dají případně redukovat na obecnější půdní typ. V případě ZD Dušejov spadají parcely především do skupiny půdních typů, kterou lze specifikovat jako dystrické kambizemě, podzoly a kryptopodzoly. Dystrická kambizem zjednodušeně vyjadřuje nejrozšířenější hnědou lesní půdu, v tomto případě vysoce nasycenou hliníkem a místy doplněnou o podzoly. Podzoly představují neúrodnou půdu bez minerálních látek, ty byly odplaveny do nižších půdních horizontů.

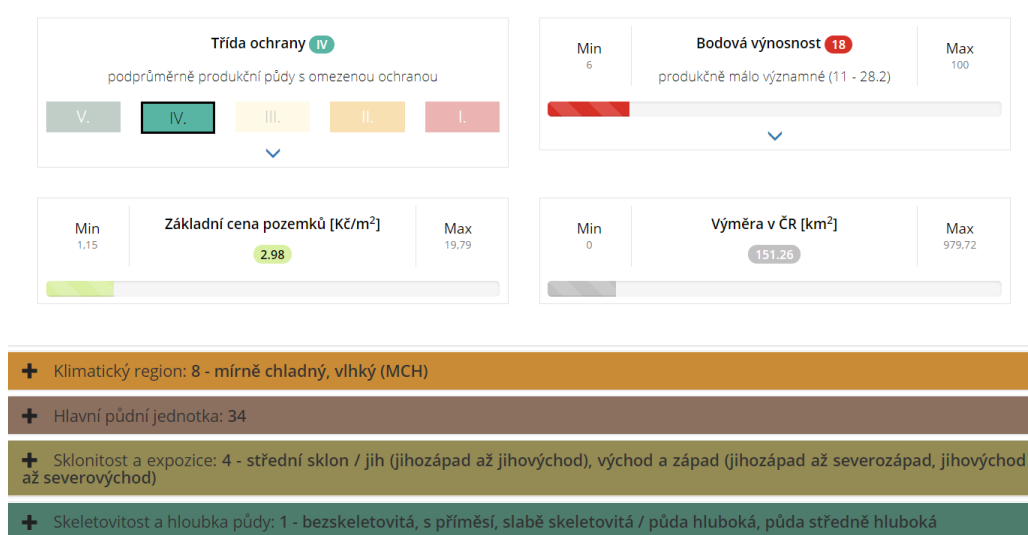
Sklonitost a expozice

Sklonitost a expozice patří mezi další parametr, z kterého se skládá bonitované půdně-ekologická jednotka a slouží k reprezentaci tvaru povrchu zemědělského pozemku.

Jelikož se jedná v rámci vybraných parcel o poměrně unikátní faktor, tak zde není možné pro ZD Dušejov stanovovat nějaké obecné závěry. Parametr je udáván ve dvou složkách, první z nich představují sklonitost a jak už název napovídá, dochází zde k posuzování procentuálního sklonu zemědělského pozemku. Druhou část představuje expozice, která vyjadřuje orientaci parcely ke světovým stranám, přičemž mezi jeden z validní ukazatelů patří i všesměrová orientace.

Skeletovitost a hloubka půdy

Pro správné pochopení skeletovitosti je nejprve nutné definovat pojem skelet; ten podle pedologie² představuje půdní částice o velikosti více než dvou milimetrů, přičemž opačný půdní stav nazýváme jemnozem. Částice o průměru nad 30 mm jsou vnímány jako kamení. Větší množství skeletu lze pozorovat v nižších půdních horizontech, směrem k povrchu jich ubývá. Skeletovitost ovlivňuje pohyb vody, tepla a vzduchu v půdní zemině a při jejím objemu nad dvacet procent začíná tento faktor působit negativním způsobem. Hloubka půdy vyjadřuje hloubku části půdního profilu omezené buď pevnou horninou, nebo silnou skeletovitostí.



Obrázek 9: Popis všech atributů pro vybranou parcelu; převzato z [21].

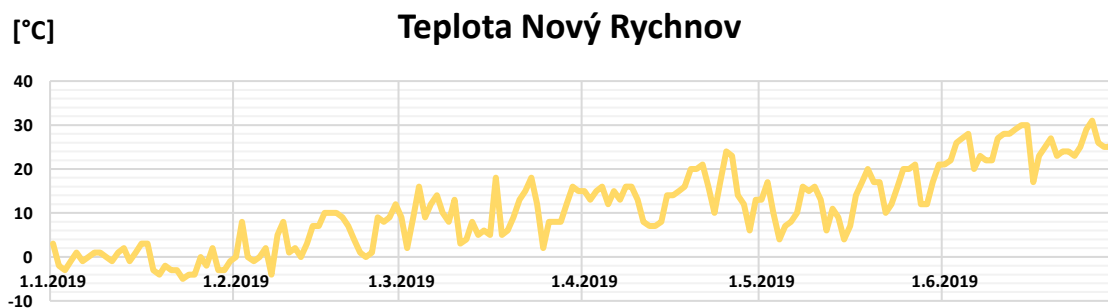
² nauka o půdě, jejím původu, druhu a vlastnostech

5.1.2 Nadmořská výška

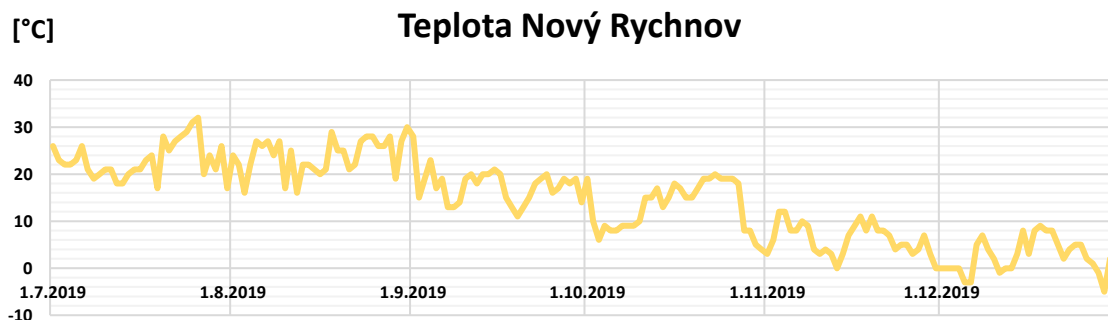
Nadmořská výška má bezpochyby velký vliv na pěstování zemědělských plodin, v první řadě určuje, které z plodin lze v dané oblasti s úspěchem pěstovat a které nemá smysl ani zkoušet vysadit a dále pak jakési predispozice pro perspektivní pěstitelství. Nadmořská výška rovněž přímo ovlivňuje ostatní pěstitelská kritéria, pro účely této práce se bude jednat pouze o vliv na průměrnou teplotu během růstu, která podle statistických údajů klesá s každou stovkou metrů v průměru o 0,6 °C a průměrné denní srážky.

5.1.3 Průměrná teplota během růstu

Celé problematika zemědělství je velmi citlivá na teplotní změny, nebudou zde však uvažovány dopady globálního oteplování, jelikož se práce věnuje krátkému budoucímu intervalu. Jedná se vždy o odhad na následující rok, pro který je meziroční globální přírůstek teploty vnímán jako zanedbatelný. Analýza průměrné teploty probíhá z reálných dat získaných z meteostanic umístěných v Novém Rychnově a Hubenově, tedy na dvou katastrálních územích, na kterých působí ZD Dušejov. Z těchto dvou stanic budou získány průměrné teploty v blízkém okolí a zbylé hodnoty pro ostatní lokace budou přepočítány na základě lineárních změn nadmořské výšky. Následující grafy zachycují průměrné odpolední teploty v průběhu celého roku 2019, byly získány z meteostanice Nový Rychnov a představují pravděpodobný odhad trendu teplotních změn na následující roky.



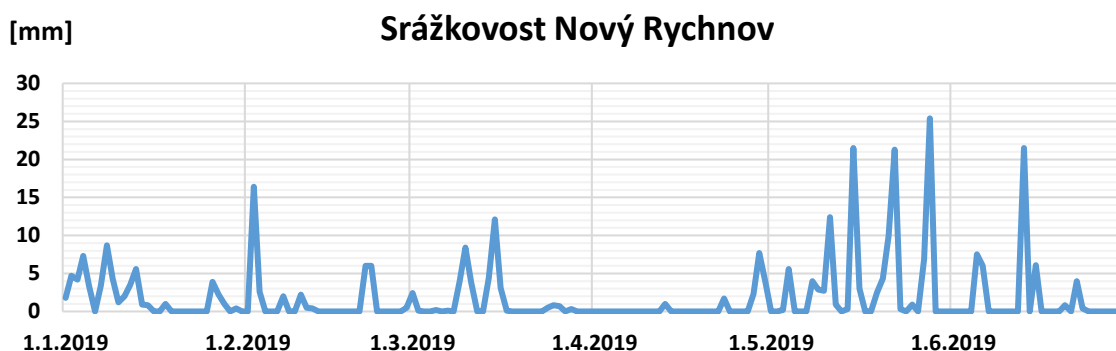
Obrázek 10: Teplota Nový Rychnov, první pololetí 2019; vlastní zpracování.



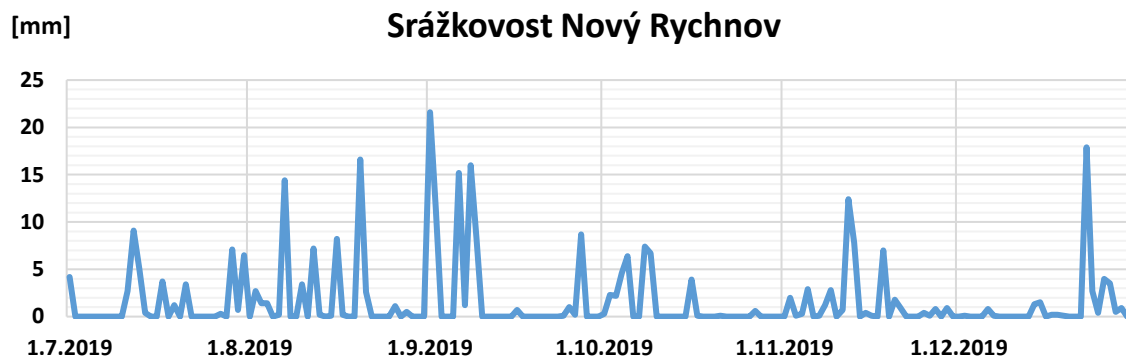
Obrázek 11: Teplota Nový Rychnov, druhé pololetí 2019; vlastní zpracování.

5.1.4 Průměrné denní srážky během růstu

Z dříve zmíněné meteostanice bylo možné získat i údaje o průměrné denní srážkovosti, právě ta je klíčová pro některé plodiny. Pravděpodobně nebude překvapivé tvrzení, že při malém počtu srážek, tedy při období sucha trpí s odlišnou intenzitou veškeré družstvem pěstované plodiny. Zajímavější však může být skutečnost, že vysoká srážkovost je pro některé plodiny rovněž nežádoucí, a to především pro brambory, u kterých následně může docházet k výskytu různých nemocí, jako například plísní.



Obrázek 12: Srážkovost Nový Rychnov, první pololetí 2019; vlastní zpracování.



Obrázek 13: Srážkovost Nový Rychnov, druhé pololetí 2019; vlastní zpracování.

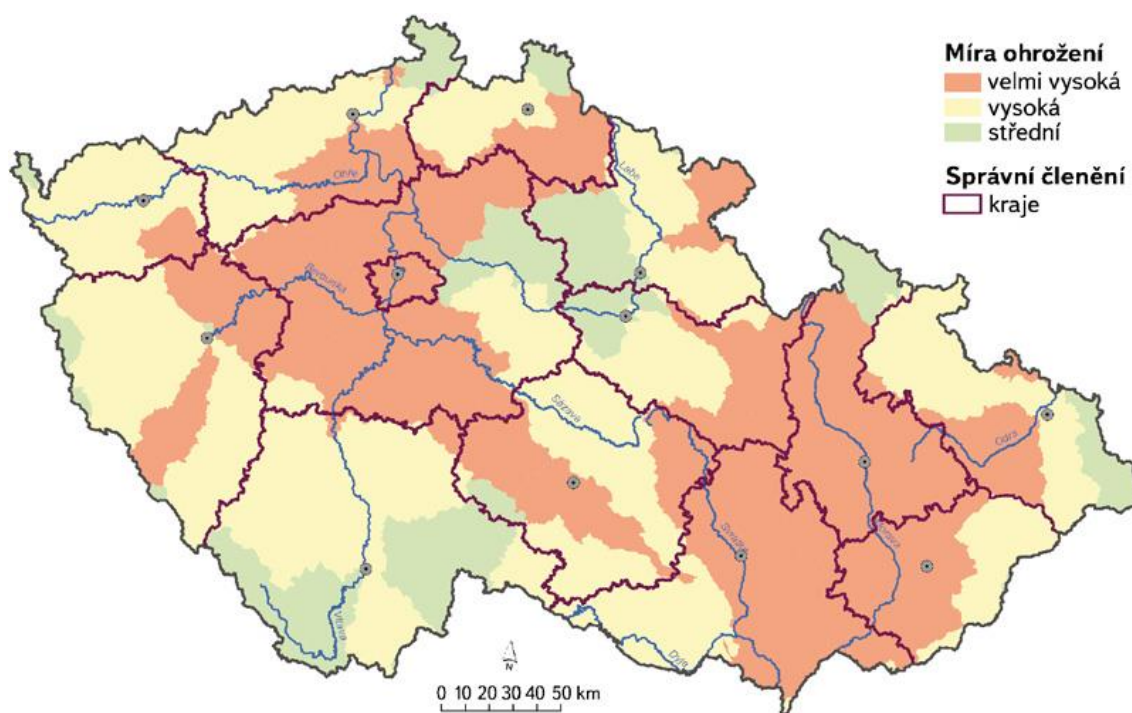
5.1.5 Erozní ohrožení

Eroze spočívá v destruktivním účinku vody a větru na půdní povrch a vede ke ztrátě nejúrodnější vrstvy půdy, jejíž nahrazení trvá stovky let. Důkazem o obecné síle eroze v opravdu dlouhodobém časovém horizontu je samotný a slavný Grand Canyon, který vznikl působením řeky Colorado.

Zemědělská půda se však účinkem vodní eroze nevratně poškozuje, ztrácí své původní přirozené vlastnosti a z toho důvodu nedokáže následně optimálně produkovat plodiny. Půda je za pomoci vody na nerovných plochách stržena do nížin a dochází k jejímu úbytku. Dalším problémem je nekontrolovaný odtok vody, který s sebou odnáší cenné živiny, ty jsou pak v rámci parcely nerovnoměrně rozděleny a v některých oblastech jich je naprostý nedostatek. S působením eroze se v České republice lze setkat především u těch nejúrodnějších půd, mezi které patří zejména oblasti na Jižní Moravě. toto tvrzení dokládá obrázek 14.

Mezi způsoby zamezení nebo alespoň zpomalování eroze v zemědělství patří například orba po vrstevnici, výstavba okolních teras, kompostování, pěstování ochranných plodin a jejich cyklická obměna, udržování rostlinného pokryvu, dodržování zákazu vjezdu na mokrou půdu, ale v neposlední řadě také dodávání kvalitní organické hmoty. Právě chemické způsoby hnojení bývají často využívány u neetických společností, které pracují s pronajímanou půdou, a proto nehledí na následnou ztrátu její kvality.

ZD Dušejov si své zemědělské půdy váží, tyto skutečnosti si velmi výrazně uvědomuje a podniká všechny uvedené kroky za účelem potlačení erozního ohrožení. Jelikož se podnik věnuje rozsáhlejšímu chovu dobytka, tak si může dovolit přírodní způsoby hnojení, bez nutnosti využití chemických prostředků. Tím se zároveň zvedají počty pracovních pozic a tento typ zemědělského přístupu s ohledem na budoucnost a kvalitu tedy přispívá rovněž i v oblasti poskytování pracovních příležitostí.



Obrázek 14: Stupně erozního ohrožení na území České republiky; převzato z [22].

Klasifikace plodin podle erozního ohrožení

- plodiny s nízkou ochrannou funkcí (*NOF*) = dříve erozně nebezpečné, širokořádkové plodiny, mezi které patří kukuřice, brambory, řepa, slunečnice, čirok, ale také plochy bez porostu a plodin
- plodiny se střední ochrannou funkcí (*SOF*) = řepka, všechny obiloviny mimo kukuřici a čirok
- plodiny s vysokou ochrannou funkcí (*VOF*) = všechny ostatní plodiny

5.1.6 Vzdálenost od střediska

Jako jedno z kritérií byla vybrána i vzdálenost od střediska, ta hraje roli především u plodin náročných na pěstování, jelikož vyžadují časté osobní asistence zemědělců. Z těchto důvodů je podstatné, jakou vzdálenost musí při pravidelných návštěvách zemědělských parcel zaměstnanec urazit a investovat tedy čas do samotné přepravy s pomalejšími zemědělskými stroji. U větších vzdáleností se rovněž projevuje závislost na dopravní situaci, jedná se tedy o další neovlivnitelný faktor a je tedy vhodné se mu snažit předcházet.

5.1.7 Délka pěstování plodiny

Délka pěstování plodiny přímo ovlivňuje ekonomickou oblast zemědělství, náročnost samotného pěstování a představuje aktivní blokaci využitelné půdy. V ideálním případě by plodiny byly na poli nasazeny pouze po dobu jednoho ročního období, to však v mnoha případech není reálné. Pro správné pochopení problematiky je třeba zmínit, že jsou plodiny děleny na jařiny a ozim, a právě tyto skupiny bývají pevně spjaté s délkou pěstování.

Jařiny

Jak už samotný název napovídá, jedná se o plodiny, které se vysévají na jaře a sklízí hned v létě. V této souvislosti se v České republice setkáváme s ovsy, kukuřicí, částečně s prosem, ale také se speciálními odrůdami jarního, sladovnického ječmene a pšenice.

Zpracování půdy pro jařiny se provádí většinou podzimní orbou na střední hloubku a následné jarní práce jsou odstartovány v okamžiku, kdy to vlhkost půdy umožní. Platí zde zásada rané setby za účelem využití zimní vláhy. Výživa plodin probíhá za pomoci hnojení fosforem, draslíkem, hořčíkem a dusíkem před zahájením výsevu a následně dusíkem rovněž během jarní vegetace. [23]

Ozim

Jedná se o převažující typ plodin, jelikož mají větší časový prostor k tvorbě výnosotvorných prvků a přináší tedy vyšší ziskovost. Vysévají se na podzim a sklízí v létě následujícího roku, proto bývají označovány jako dvouleté rostliny. Mezi ozimé plodiny patří pšenice, ječmen a žito z odrůd ozimých, dále tritikále³.

Pro úspěch pěstování ozimých plodin je naprosto klíčový faktor přezimování, rostliny musí před zimou správně zakořenit, částečně odnožit a vytvořit nízký trsovitý habitus⁴. Z toho důvodu je třeba správně volit období setí, to se odvíjí od typu předchozí plodiny a od úrovně přípravy půdy. Nejvyšší odolnost vůči mrazům má žito ozimé, a to za vhodných podmínek až do teploty $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, naopak za nejméně odolnou ozimou plodinu lze považovat ječmen ozimý, kde se nejnižší povolené hranice teploty pohybují mezi $12\text{ až }15\text{ }^{\circ}\text{C}$, a to v závislosti na mrazové proměnlivosti a délce období oplývajícího sněhovou pokrývkou. Pokud dojde k příliš velkému poškození rostliny, je nutné ji zaorat a v co nejkratším možném čase oset jařinu. [27]

Plodina	Délka pěstování [měsíc]
Pšenice ozimá	10
Ječmen sladovnický	4
Ječmen ozimý	10
Žito ozimé	10
Oves jařina	6
Řepka	12
Kukuřice	6
Brambory konzumní	5
Brambory průmyslové – na škrob	5
Brambory sadbové	4

Tabulka 2: Délka pěstování ozimých a jařiných plodin; vlastní zpracování.

5.1.8 Předchozí plodina

Správné pochopení osevních postupů je základním předpokladem k prosperitě každého zemědělského podniku. Vhodným střídáním plodin je možné udržet či dokonce značně zlepšit přirozenou úrodnost půdy, stabilizovat procesy humifikace a mineralizace, zvýšit

³ česky nazýváno jako žitovec, jedná se o rostlinu vzniklou křížením pšenice a žita

⁴ typická vnější podoba rostliny

využitelnost vody a živin, mikrobiální aktivitu půdy, příjem dusíku a potlačit napadení kulturních rostlin chorobami a škůdci. Pečlivý osevný postup lze vnímat jako jedno z preventivních opatření, které přispívá ke generování větších zisků; navýšení lze předpokládat o 5 až 20 % a zároveň redukuje následnou nutnost dodání velkého množství plodninových výživ ve formě hnojiva.

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 53/2001 Sb. definuje řadu pravidel pro vymezení osevních postupů, uvedená problematika je v širokém měřítku nad rozsah této práce, a proto zde bude uvedeno jen několik stanovených předpisů. Důležité je také zmínit, že jeteloviny, obecně netržní plodiny jsou v této práci uvažovány jako předplodina, ale již nebudou nikdy výslednou predikovanou plodinou, jelikož jejich prodej nedosahuje vysokých zisků. Jejich začlenění by přesahovalo překročení očekávané náročnosti vytvářené práce, lidská zkušenost je v tomto aspektu stále nenahraditelná. Mezi stanovené předpisy patří přednostní zařazení jetelovin nebo luskovin, dále musí osevný postup respektovat co nejdéle trvající vegetační kryt, pokud možno i přes zimu, a působit protierozně. Mezi důležitá kritéria spadá rovněž pravidlo určující, že obilniny mohou po sobě následovat pouze po dobu dvou let, jelikož se jedná o rostliny zhoršující strukturu půdy a její fyzikálně-chemické vlastnosti. Je tedy nutné je střídát s plodinami, které tyto vlastnosti vylepšují; stejně tak je potřeba obměňovat plodiny odčerpávající dusík s takovými, které působí opačným způsobem.

Výše zmíněné jeteloviny spadají mezi plodiny zvyšující úrodnost půdy, jejich posklizňové zbytky vytváří kvalitní humusotvorný materiál. Mezi jeteloviny patří například pro chladnější oblasti jetel luční, pro teplejší oblasti výnosnější vojtěška. Tyto rostliny vytváří na následující roky kvalitní základ pro tržní plodiny. [24]

Obilniny jsou velmi náchylné na předchozí plodiny a jejichž vhodnost zachycuje následující tabulka 3.

	Vhodná předplodina
Pšenice ozimá	jeteloviny, luskoviny, rané brambory, kukuřice na siláž
Ječmen sladovnický	cukrovka, pozdní brambory, kukuřice
Ječmen ozimý	luskoobilní směsky, mák, rané brambory, ozimá řepka
Žito a tritikále ozimé	jetele, luskoviny, ozimá řepka
Oves jařina	jetele, luskoviny, brambory
Kukuřice	vojtěška, okopaniny, olejnin

Tabulka 3: Vhodné předplodiny pro obilniny; převzato z [24].

5.1.9 Pěstební náročnost

Dalším z kritérií je pěstební náročnost, ta rovněž nemalým dílem ovlivňuje výběr plodiny; pokud se jedná o rostlinu vyžadující velkou míru pozornosti nebo se pojí se značnou rizikovostí, pak nehledě na svou ziskovost ztrácí perspektivu.

Každou z plodin napadají nemoci a je třeba eliminovat patogeny, které by vedly k finančním ztrátám. Klíčovým aspektem je rovněž regulace plevelů, která představuje poměrně komplexní a náročnou výzvu, ale je nedílnou součástí tohoto procesu. Přístup k této problematice se liší na základě typu zemědělství. V situaci, kdy se jedná o konvenční zemědělství, jsou upřednostňovány postupy využívající různých pesticidů⁵ a až v druhé řadě nastupují agrotechnické a biologické metody. V zemědělství ekologickém dochází k velké preventivní snaze o vypěstování silných a odolných plodin, ty pak mohou být ochráněny za pomoci metod a přírodních látek, které je možné po celou dobu považovat za naprosto bezpečné. Tyto nástroje jsou stejné jako v konvenčním zemědělství, ale nabývají větší důležitosti, jelikož chyby udělané v ekologickém zemědělství mají sáhodlouhé následky a není možné je napravit v pozdější fázi jinými prostředky například pesticidy.

Prvním přístupem na ochranu rostlin před škůdci a chorobami jsou metody nepřímé, mezi které spadá například střídání rostlin 5.1.8, pomocí kterého dojde k přerušení vývojového cyklu patogenu. Dále kvalitní výběr odrůd doporučených do zvoleného regionu a odolných vůči chorobám, využití vyvážené výživy zvyšující přirozenou odolnost. Tyto techniky zpravidla doplňuje dodržení vhodné doby na osetí, zajištění čistého osiva a v neposlední řadě proaktivní ničení již nakažených rostlin a zamezení následnému šíření. Metody přímé obnášejí mechanické způsoby lovu škůdců do pastí, sběru mandelinky bramborové, ale zároveň lze využít také chemických metod, které jsou dnes často specializovány na jediného škůdce a s krátkou dobou působnosti, a tedy i kratší ochrannou lhůtou. Jedná se o různé druhy pesticidů fungujících jako lákadla, potravní atraktanty nebo repelenty. Posledním způsobem ochrany, který je pro účely práce předmětný, je biologická ochrana, kterou lze definovat jako záměrné využívání přirozených nepřátel s cílem regulace populací škůdců, původců onemocnění rostlin a plevelů. [25]

⁵ chemické prostředky, kterých se využívá k zamezení ztrát při pěstování rostlin

5.1.10 Velikost parcely

Velikost půdního bloku představuje jeden z faktorů ovlivňujících energetickou a ekonomickou náročnost. Výzkumy z roku 2007 prokazují, že s nárůstem velikosti parcely klesá spotřeba pohonných hmot na jednu jednotku plochy. Pokud stroje nejsou nuceny k častým manévřům nesouvisejícím s primárním zaměřením práce, což představuje například neefektivní pohyb na malých či problematických prostorech, dochází ke zdatné finanční a ekologické úspoře. Existuje však i opačný pohled na problematiku, který pojednává o skutečnosti, u které se při nárůstu velikosti parcely naopak zvyšují nároky na transport sklizených produktů. Je tedy nutné hledat optima, které často vychází z individuálních zdrojů každého zemědělského podniku a odvíjí se od dostupné techniky a okolního terénu, jež umožňuje této technice fyzický přístup. Příkladem může být situace, kdy zemědělské družstvo investuje velkou částku do stroje, který má sloužit na rychlou velkoplošnou sklizeň kukuřice, pak se bude snažit výsadbu kukuřice prioritizovat na velikostně větší pole.

Existují rovněž studie popisující ideální tvar půdního bloku, zajišťující nejvyšší možnou efektivitu, ty zde však nebudou uvažovány, jelikož se nenacházíme v ideálním světě a ZD Dušejov, stejně jako většina dalších družstev nemá prostředky na realizaci takových idylických plánů. [26]

Do problematiky velikosti parcely vstupuje rovněž standard DZES 7d, který od 1. 1. 2020 zavádí podmínku omezení pěstování monokultur, tedy jediné plodiny, na souvislé ploše o velikosti vyšší než 30 ha. ZD Dušejov disponuje velmi malým množstvím takových parcel a práce se jimi z toho důvodu nebude dále zabývat.

5.1.11 Dotace

Dotace představují podporu formou předání finančního prostředku za účelem poskytnutí výhodnějšího postavení na trhu, a tedy s tím provázané zajištění dostupnosti nabízeného projektu; jedná se o podporu rozvoje. Od té doby, co je Česká republika součástí Evropské unie, lze dotace dělit na dvě základní skupiny, první z nich jsou evropské dotační programy a ty poté doplňují národní dotační programy. Národní dotace jsou hrazené ze státního rozpočtu a řízené Ministerstvem zemědělství České republiky a každoročně je schvaluje přímo ministr zemědělství.

Od roku 2015 byl zaveden vícesložkový model přímých plateb, který zahrnuje greening, příplatek pro mladé zemědělce a dobrovolnou podporu na citlivé komodity, mezi které patří například škrbové a konzumní brambory, chmel, zelenina, bílkovinné plodiny a další. Dalším typem dotačního programu je program pro rozvoj venkova, který má charakter investičních nebo plošných podpor.

Následující tabulka 4 zachycuje dotace, které obdržel podnik ZD Dušejov v roce 2018, demonstrovány a vysvětleny budou poté jen některé z klíčových položek, a to konkrétně takové, které ovlivňují výběr preferované plodiny, mezi ně patří greening, konzumní i škrbové brambory a bílkovinné plodiny. Dá se předpokládat, že se tento dotační trend se v rámci analyzovaného podniku nebude zásadně měnit a lze z něj tedy vyvozovat některé závěry i na následující roky. Podpora na brambory zde vzhledem k lokalitě, v které podnik působí dává velký smysl, přece jen jedná se o kraj, který bývá často označován jako bramborářský.

Opatření	Zdroje ČR [Kč]	Zdroje EU [Kč]
AEKO – Agroenvironmentálně-klimatické opatření (AEKO)	612 715,99	1 838 142,43
LFA – Méně příznivé oblasti (LFA)	954 431,38	2 863 294,08
4.1.1 – Investice do zemědělských podniků	1 006 718,00	986 782,00
WLF – Dobré životní podmínky zvířat (Welfare)	1 079 759,03	1 058 363,61
Bílkovinné plodiny (VCS)	0	392 839,57
Brambory konzumní (VCS)	0	113 806,66
Brambory pro výrobu škrobu (VCS)	0	338 671,63
Dojnice (VCS)	0	2 195 757,35
Greening	0	4 059 607,01
Finanční kompenzace	0	204 936,40
Platba na plochu (SAPS)	0	7 219 072,71
Tele masného typu (VCS)	0	442 330,46

Tabulka 4: Obdržené dotace pro ZD Dušejov v roce 2018. [27]

Pojem greening představuje podporu pro zemědělce dodržující sadu zemědělských pravidel příznivých pro klima a životní prostředí, tato dotační disciplína je pevně spjatá s podporou o jednotnou platbu na plochu, která bývá jednou z finančně nejvýhodnějších a u níž žadatel musí vždy splňovat i uvedené zemědělské postupy pro greening.

Zemědělské postupy příznivé a životnímu prostředí:

- diverzifikace plodin
- zachování stávajících trvalých travních porostů
- vyhrazení plochy za účelem ekologického zájmu

Dotace pro bílkovinné plodiny jsou obdobou podpory pro konzumní a škrobené brambory. Mezi podmínky pro získání uvedené platby patří vlastnictví půdy o výměře nad 1 ha, dále její pravidelné obhospodařování a prokazatelný pokryv plodinou o jejíž dotaci bylo zažádáno. Za bílkovinné plodiny pro účely této formy podpory lze považovat hrách, bob, lupinu, sóju, vojtěšku, jetel a další. [28]

5.1.12 Ceny osiva

Pravděpodobně nebude velkým překvapením, že cena osiva patří mezi podstatnější kritéria. Tato proměnná je pevně provázaná s dosahovanými výnosy a nelze ji tedy vnímat a porovnávat pouze jako hodnotu relativní, sama o sobě není dostatečně vypovídající.

Na úvod je třeba zmínit, že k osévání lze přistupovat několika způsoby, přičemž první z nich pojednává o využití dříve vypěstovaných semen jako základu pro nové osetí; tento způsob nezajišťuje vysokou kvalitu následně vyprodukované plodiny a v ZD Dušejov bývá využíván při pěstování plodin zajišťujících potravu pro dobytek. Mezi další způsoby patří moření osiva u specializovaných firem, za pomoci vysoce selektivních mořidel⁶. Způsoby, jak osivo získat samozřejmě doplňuje i jeho samotný nákup, při němž je možné si pořídit dokonce i osivo certifikované, to prochází většími požadavky na kontrolu jeho kvalitu a s tím souvisí i vyšší pořizovací ceny. Jak již bylo zmíněno ZD Dušejov spolupracuje s perspektivními, náročnými odběrateli a využívá tedy právě certifikovaných osiv.

⁶ proces ochrany semen s cílem zničení choroboplodných zárodků

Plodina	Cena osiva [Kč/ha]
Pšenice ozimá	3 000
Ječmen sladovnický	3 250
Ječmen ozimý	3 250
Žito ozimé	2 700
Oves jařina	2 000
Řepka	2 500
Kukuřice	3 500
Brambory	3 800

Tabulka 5: Cena osiva pro pěstované plodiny; vlastní zpracování.

5.1.13 Výnosy

Průměrné výnosy plodin jsou určovány úspěšností úrody, kterou často ovlivňují přírodní faktory, které jednoduše není v lidských silách ovlivnit. Těchto faktorů lze nalézt nemalé množství, pojí se s výkyvy či nepřízní počasí, patří mezi ně například dlouhá období sucha, pozdní sněhová pokrývka, silné vleklé mrazy anebo také krupobití. Na všechny tyto zmíněné vlivy se nelze připravit a z toho důvodu představují noční můru pro každý zemědělský podnik. Jediným způsobem obrany proti zmíněné nepřízni je vysazení méně náchylných plodin. Dobrým příkladem rizikovosti je mák, který dosahuje obrovské marže, ale zároveň patří mezi plodiny striktně vyžadující příznivé podmínky ve formě vlídného počasí; výsadba máku může být podobností rizika mnohými přirovnávána k aktivní účasti v ruletě. Z toho důvodu se v nedávné minulosti přestalo výsadbě máku ZD Dušejov věnovat.

Plodina	Výnosy [t/ha]
Pšenice ozimá	6,5
Ječmen sladovnický	6,5
Ječmen ozimý	7
Žito ozimé	8
Oves jařina	6
Řepka	3,5
Kukuřice	4
Brambory konzumní	4,5
Brambory průmyslové – na škrob	3,8
Brambory sadbové	3

Tabulka 6: Výnosy pěstovaných plodin; vlastní zpracování

5.1.14 Zisk

Zisk představuje rozdíl mezi výnosy plodin v závislosti na jejich prodejní ceně a náklady, které se skládají z pořizovací ceny osiva, provozních nákladů pro skladování vypěstovaných semen, nákupu pohonných hmot a platového ohodnocení zaměstnanců podílejících se na produkci pěstované plodiny. Následující tabulka 7 zachycuje prodejní ceny, kterých v současnosti využívá ZD Dušejov. Orientační prodejní ceny lze nalézt i na komoditní burze, kde je možné pozorovat každodenní cenový vývoj pro tuzemsky pěstované plodiny, ale i komodity v našich krajích zcela neobvyklé, například kávu a kakao, přičemž jednotka váhy je udávána v bušlech⁷.

Plodina	Prodejní ceny [Kč/t]
Pšenice ozimá	5 000
Ječmen sladovnický	6 000
Ječmen ozimý	5 000
Žito ozimé	5 500
Oves jařina	5 000
Řepka	9 800
Kukuřice	1 050
Brambory konzumní	7 000
Brambory průmyslové – na škrob	2 500
Brambory sadbové	10 000

Tabulka 7: Prodejní ceny pěstovaných plodin; vlastní zpracování.

⁷ stará hmotnostní jednotka využívaná na komoditních burzách; 1 bušl představuje přibližně 27,216 kg

5.2 Datová reprezentace

5.2.1 Popis transformační matice

Transformační matice představuje pro všechny uvažované plodiny jednotnou reprezentaci stanovených kritérií, kterým určuje validní varianty vstupů. Jedná se o formu předlohy pro tvorbu klíčové ohodnocené transformační matice a vstupní stavové matice.

Transformační matice														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky během růstu [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	středně produkční	600 – 620	-5 – 0	0 – 0,5	vysoké	0 – 1	0 – 3	jetel	velmi náročné	0 – 5	0 – 100 000	2 000 – 2 500	3 – 4	vysoký
2	málo produkční	621 – 640	1 – 5	0,51 – 1	střední	2 – 3	4 – 6	trávy na semeno	nadprůměrně náročné	6 – 10	100 001 – 200 000	2 501 – 2 800	4,01 – 5	nadprůměrný
3	velmi málo produkční	641 – 660	6 – 10	1,01 – 1,3	nízké	4 – 6	7 – 9	luskovinoobilná směska	středně náročné	11 – 15	200 001 – 300 000	2 801 – 3 100	5,01 – 6	průměrný
4	produkčně málo významné	661 – 680	11 – 15	1,31 – 1,7		7 – 10	10 – 12	brambory sadbové	málo náročné	16 – 25	300 001 – 500 000	3 101 – 3 300	6,01 – 7	podprůměrný
5	produkčně nevýznamné	681 – 700	16 – 20	1,71 – 2		11 – 20		brambory konzumní	zcela nenáročné	26 – 40	500 001 – 1 000 000	3 301 – 3 600	7,01 – 8	nízký
6		701 – 720	21 – 25	2,01 – 2,5		více		brambory průmyslové - na škrob		více	více	3 601 – 4 000		
7			26 – 30					ječmen ozimý						
8			31 – 35					ječmen sladovnický						
9								žito ozimé						
10								pšenice ozimá						
11								oves jařina						
12								kukuřice						
13								řepka						

Tabulka 8: Transformační matice; vlastní zpracování.

5.2.2 Popis ohodnocené transformační matice

Ohodnocená transformační matice zobrazuje funkce členství, jejíž hodnoty se volí na základě předem stanovených priorit, které určuje osoba vytvářející model. [5] Tyto hodnoty tedy představují míru příslušnosti danému atributu a mohou být voleny jak subjektivně, tak objektivně, a to v závislosti na očekávaném způsobu využívání modelu. Pro účely této práce byly hodnoty vybrány objektivně a vycházejí z praktických zkušeností spolupracujícího externího pracovníka. V tomto případě spadají vybírané míry příslušnosti do intervalu $\langle 0, 100 \rangle$, přičemž hodnota 100 představuje maximální možnou míru příslušnosti. Takto popsaná ohodnocená transformační matice 9 byla vytvořena pro každou uvažovanou pěstovanou plodinu, čímž dochází k výraznému zpřesnění vytvářeného modelu. Pro ukázkou je zde však umístěna pouze jedna z matic, ostatní lze nalézt v přílohách práce A.

Ohodnocená transformační matice – brambory průmyslové														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	80	48	0	5	20	70	100	100	0	55	10	70	85	100
2	70	46	10	20	40	45	75	100	0	60	30	70	90	100
3	55	44	25	40	90	20	10	100	10	65	50	65	100	100
4	45	42	40	65		0	0	0	80	40	20	60	100	70
5	30	40	55	80		0		0	100	35	0	50	100	30
6		38	80	45		0		0		25	0	30		
7			80					65						
8			70					80						
9								85						
10								90						
11								65						
12								60						
13								80						

Tabulka 9: Ohodnocená transformační matice pro brambory průmyslové; vlastní zpracování.

5.2.3 Popis vstupní stavové matice

Každá stavová matice nabývá hodnot 0 a 1, popřípadě NE a ANO, přičemž v každém sloupci musí být kladné vyjádření ‘1’ právě jedinkrát, aby nedošlo k porušení logických zákonitostí výběru atributu, jehož hodnoty se ve fázi vytváření stavové matice pojí již ke konkrétní parcele, a právě na té bude zjištěna vhodnost výsadby pěstovaných plodin.

Následující stavová matice vychází z údajů získaných o parcele s číslem 1220, dostupné v ČÚZK při nahlížení do katastru nemovitostí, slouží zde jako ilustrační příklad pro další výpočty a tvorbu retransformační matice. Měřitelné údaje jako například průměrná teplota a srážkovost byly zjištěny empiricky; neměřitelné údaje představují očekávání zemědělského podniku vycházející z aktuálních možností, data výsadby a poptávky po konkrétních plodinách.

Stavová matice [0/1]														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
3	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	1	0		0		0	0	0	0	0	0	0
6		0	0	0		0		0		0	0	0		
7			0					0						
8			0					0						
9								0						
10								0						
11								0						
12								1						
13								0						

Tabulka 10: Stavová matice; vlastní zpracování

5.2.4 Výpočet a retransformační matice

Výpočet bodového ohodnocení je prováděn jako skalární součin ohodnocené transformační matice a vstupní stavové matice. Výsledek je však žádoucí v procentuální podobě a za tímto účelem od něj odečteme součet minimálních hodnot sloupců ohodnocené matice a podělíme jej rozdílem maximálních a minimálních hodnot získaných již zmíněným postupem. V případě matic uvedených v předchozích kapitolách se došlo ke konkrétnímu výsledku odpovídajícímu přibližně 57 % vhodnosti pro zkoumanou plodinu.

Tato hodnota je následně reprezentována pomocí dále zmíněné retransformační matice 11, zde se jedná o vyjádření představující v nouzi přijatelnou výsadbu, a to konkrétně průmyslových brambor.

Retransformační matice		
	Body	Hodnocení
1	0-30	nevyhovující
2	31-60	v nouzi přijatelné
3	61-80	vyhovující
4	81-100	skvělá volba

Tabulka 11: Retransformační matice; vlastní zpracování.

5.3 Proces vytváření fuzzy modelu v MATLABu

Pro nalezení nejlepšího rozhodnutí pomocí nástroje MS Excel by bylo nutné výše uvedenou sadu operací provést nad ohodnocenými transformačními maticemi všech plodin. To je zcela jistě reálné, ale zároveň velmi pracné, a proto byl za účelem usnadnění a zpříjemnění těchto úkonů vytvořen program, který proces zadávání zjednoduší a zautomatizuje výpočty. K tomu bylo využito Fuzzy logic toolboxu v prostředí MATLAB 2.5.1, přičemž práci s ním lze dělit do tří hlavních částí, které popisují následující podkapitoly.

5.3.1 FIS editor

FIS editor představuje prvotní část tvorby fuzzy modelu a spouští se příkazem `fuzzy`. Jak už název napovídá, nástroj je určený k definici členských funkcí, ty slouží k přiřazení vstupních atributů k hodnotám představujícím poměrové míry příslušnosti.

V první iteraci tvorby modelu byly vstupní proměnné, vycházející z tabulky ohodnocené transformační matice, tvořeny ručně. Následně se však ukázalo, že takový přístup by znamenal popis 653 milionů unikátních variant v editoru pravidel. Poté k tomu byl vytvořen pomocný program na jejich generování, avšak i to se ukázalo jako z časových důvodů nereálné řešení; problém představovalo neustálé vyčítání a zapisování do excelovských souborů a bylo tedy třeba zvolit přístup zcela odlišný.

Nejlepší variantou se ukázala být dekompozice problému na několik dílčích fuzzy modelů, které tvoří jednotný celek. Výsledný model zde byl rozdělen na tři dílčí modely pro hodnocení aspektů souvisejících s půdou, plodinou a cenou. Pro vytvoření modelů bylo využito nástroje ANFIS.

5.3.2 ANFIS editor

Editor ANFIS umožňuje na základě testovací sady automaticky vytvářet fuzzy modely typu sugeno, a to za pomoci trénovacích algoritmů; představuje tak fuzzy neuronovou síť. Spouští se v příkazovém okně jako `anfisedit`. Při každém trénování systém hledá funkční závislosti mezi vstupy a výstupy a snaží se s určitou chybovostí konvergovat ke správnému řešení.

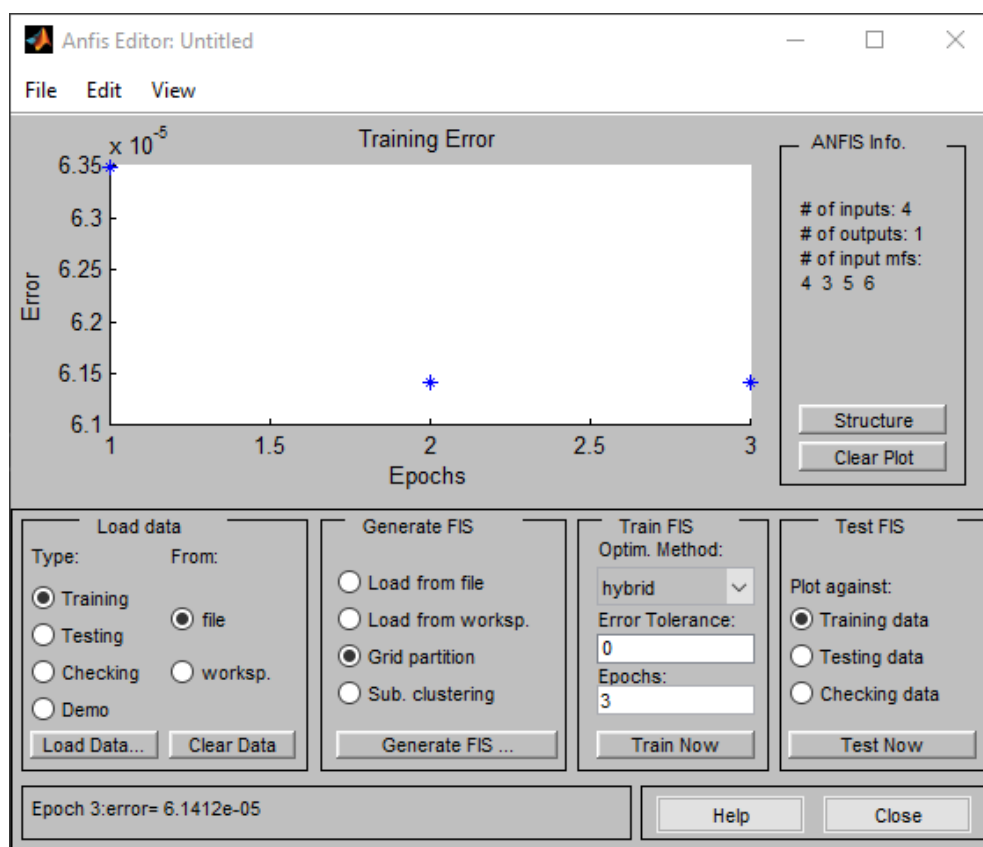
Testovací sada musí být pro přesnější průběh trénování rozsáhlejšího typu a s hodnotami rozprostřenými na celém spektru validních vstupů. Z toho důvodu byl z tohoto procesu vynechán lidský faktor výběru a došlo k vytvoření programu v jazyce C++ 2.6.

Tvorba testovací datové sady v jazyce C++

Program bere na svůj vstup počet požadovaných položek, přičemž bylo realisticky zvoleno jako maximum 10 tisíc položek, i to se zdá být jako velmi nadhodnocené číslo. To však ničemu nevadí, jelikož je program napsán efektivně, a i takový vyšší počet zápisů do souboru vykoná do jedné vteřiny. Po přijetí validních vstupů se generuje testovací datová sada pro všechny zmíněné modely, ta je uložena do souborů *test_data_ceny.dat*, *test_data_plodiny.dat* a *test_data_puda.dat* následně umístěných ve stejném adresáři jako samotný generátor. Soubory slouží jako vstup pro zmíněný ANFIS editor. Zdrojový kód programu je umístěn v přílohách práce **B**.

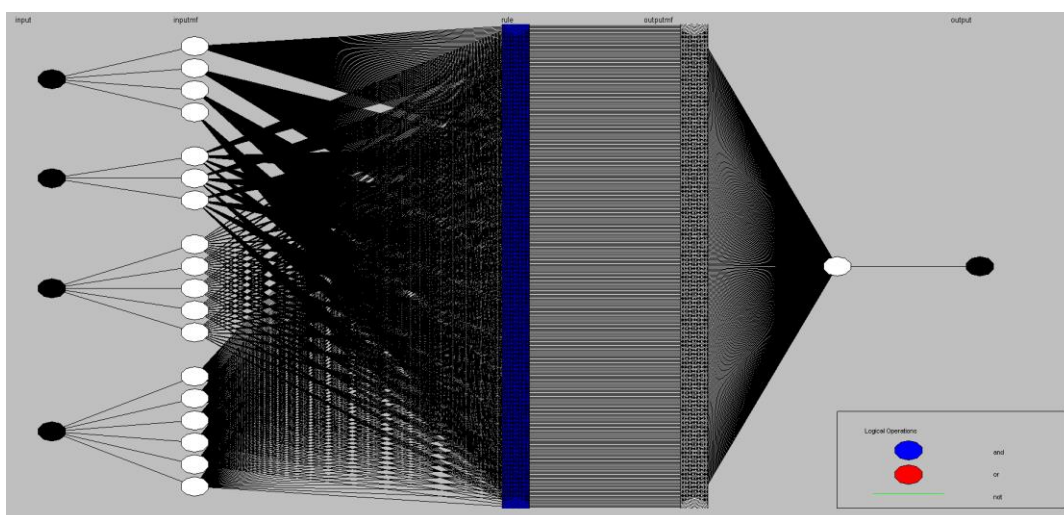
Trénování modelu v ANFIS editoru

Jak již bylo řečeno pro trénování modelu pomocí tohoto editoru je vždy zapotřebí existence testovací datové sady. Optimalizace trénovacího procesu vyžaduje několik vstupních rozhodnutí, které je možné vidět na následujícím obrázku.



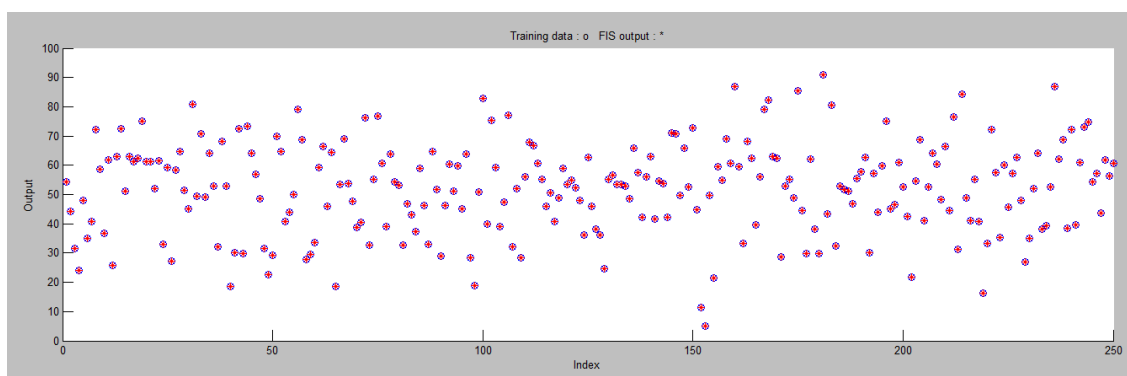
Obrázek 15: Trénování modelu pomocí ANFIS; vlastní zpracování.

Na obrázku 15 lze vidět hlavní části nastavení a jejich příslušné volby, přičemž tato sekce práce popisuje konkrétně tvorbu modelu pro hodnocení kvality aspektů plodiny. Pro trénování modelu bylo využito generování na základě Grid partition, v níž byl zvolen typ členských funkcí reprezentující klasickou oblíbenou Gaussovu křivku, výstup dán lineární formou a optimalizační metoda vybrána hybridní. Pokud by byl výstup určen jako konstantní, pak by bylo ke konvergenci k minimální hodnotě chybovosti zapotřebí tisíců epoch, takto stačily pouze dvě, a to je způsobeno také kvalitní testovací datovou sadou. Natrénováním modelu se vytvořila struktura neuronové sítě 1.1 definující nejen členské funkce, ale i seznam pravidel a výstupní funkce.



Obrázek 16: Struktura modelu ve formě neuronové sítě; vlastní zpracování.

Velmi nízkou dosaženou chybovost dokazuje i následující obrázek 17. Modré kruhy představují načtené výstupy, červené dosažené natrénované výsledky pro stejné vstupy.

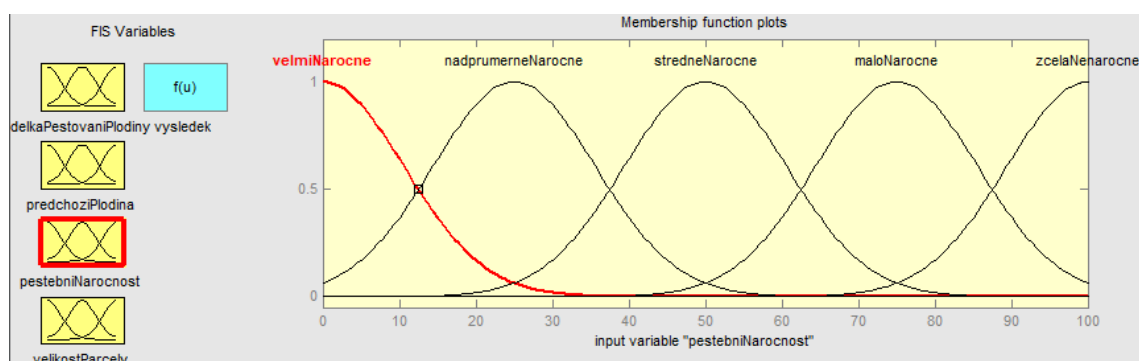


Obrázek 17: Dosažená přesnost při trénování modelu; vlastní zpracování.

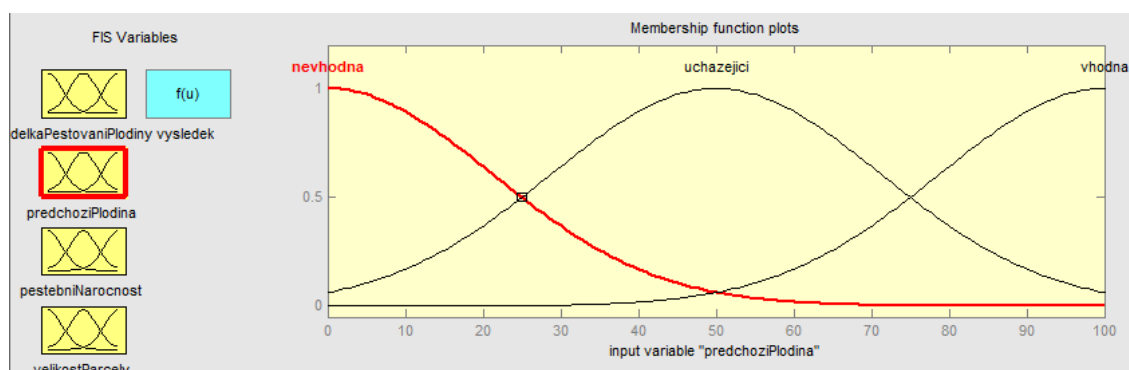
Vytvořené sugeno modely budou popsány v následujících podkapitolách, důležité je však zmínit, že mají řadu společných vlastností. Mezi ty patří například podoba členských funkcí pro uvedené vstupy, tím jsou vždy tři Gaussovy křivky, zachycující kompletní seznam atributů. Vstupní proměnné jsou vždy rozděleny do skupin na základě podobných významových charakteristik, toto členění bylo nutné pro výrazné snížení počtu generovaných pravidel, při šesti vstupech již ANFIS vykazoval příznaky nedostatku systémové paměti. Rovněž mají vstupy nastavené specifické váhování odpovídající vertikálnímu pořadí v uvedeném modelu, ty byly stanoveny na základě zkušeností získaných z konzultací s externím pracovníkem analyzované společnosti. Vstupní proměnné vykazují validní interval od 0 do 100, což přesně odpovídá očekávání v porovnání s dříve definovanými ohodnocenými transformačními maticemi. Vstupy jsou mapovány na výstupy pomocí vytvořených pravidel, jejichž počet roste exponenciálním způsobem. Výstupní hodnota modelu je vždy pouze jedna a reprezentuje procentuální vhodnost daných vstupů pro model s takovými vlastnostmi, avšak výstupních členských funkcí je poměrně mnoho; ty však nebudou uvedeny vizuální formou, jelikož nástroj FIS editor se nedokáže s větším počtem výstupních funkcí vypořádat přehledným způsobem.

5.3.3 Model pro hodnocení kvality aspektů plodiny

Popis váhování čtyř klíčových vstupních proměnných dostupných v levé části obrázku 18 probíhá výše uvedeným způsobem na základě poměrových hodnot [0,33; 0,27; 0,22; 0,18]. Každý ze vstupů obsahuje členské funkce vycházející z transformační matice.



Obrázek 18: Model pro hodnocení kvality aspektů plodiny, atribut pěstební náročnost; vlastní zpracování.

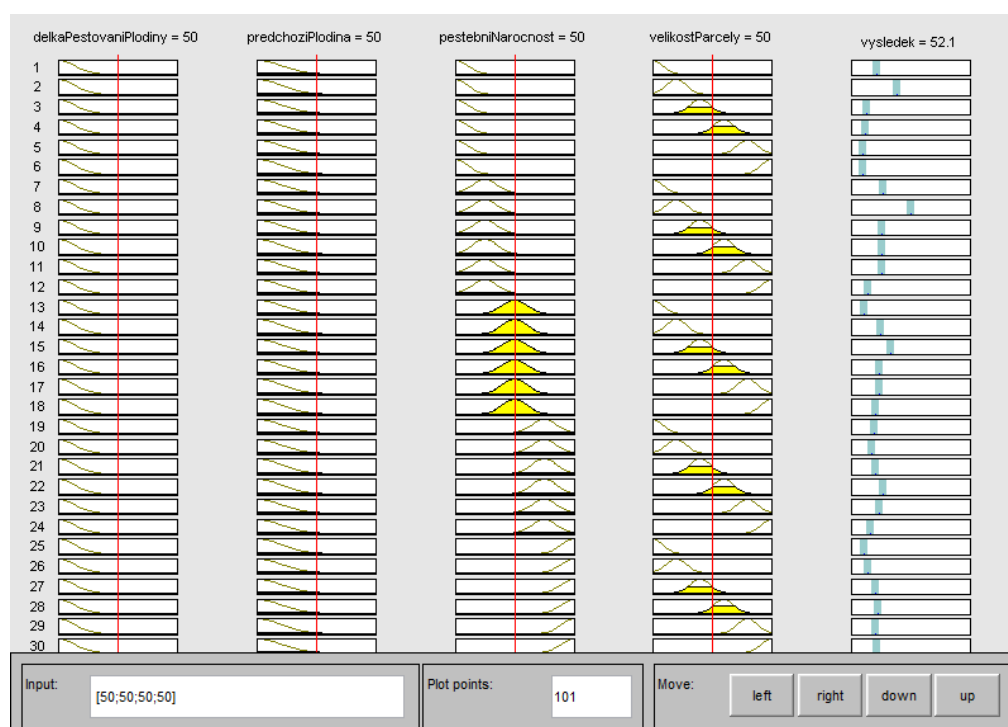


Obrázek 19: Model pro hodnocení kvality aspektů plodiny, atribut předchozí plodina; vlastní zpracování.

Členské funkce pro vstup popisující předchozí plodinu, viz obrázek 19, byly zredukovány, a tedy zjednodušeny na tři varianty, které budou pro účely práce považovány za zcela dostačující.

Rule Viewer

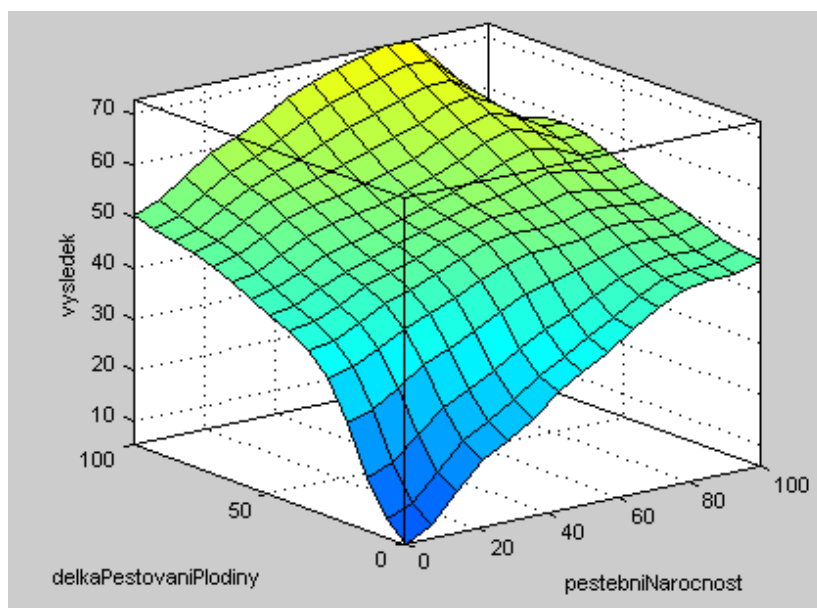
Potenciální scénáře vstupů jsou mapovány na výstupy za pomoci definovaných pravidel, těch je v tomto případě pouze 360 a je možné je zobrazit pomocí nástroje Rule Viewer. Seznam dostupných vygenerovaných pravidel lze zobrazit pomocí příkazu `ruleview('hodnoceni_plodiny.fis')` nebo z výběrového menu FIS editoru.



Obrázek 20: Editor pravidel; vlastní zpracování.

Suface Viewer

Mezi další užitečnou funkcionalitu Fuzzy logic toolboxu patří Surface Viewer, vyjadřující funkci výstupní proměnné v závislosti na dvou vstupních libovolně volitelných proměnných, a to formou 3D grafu. Do nastavení editoru se lze dostat například pomocí příkazu `surfview('hodnoceni_plodiny.fis')`.



Obrázek 21: Závislost dvou vstupních proměnných v modelu pro hodnocení plodiny; vlastní zpracování.

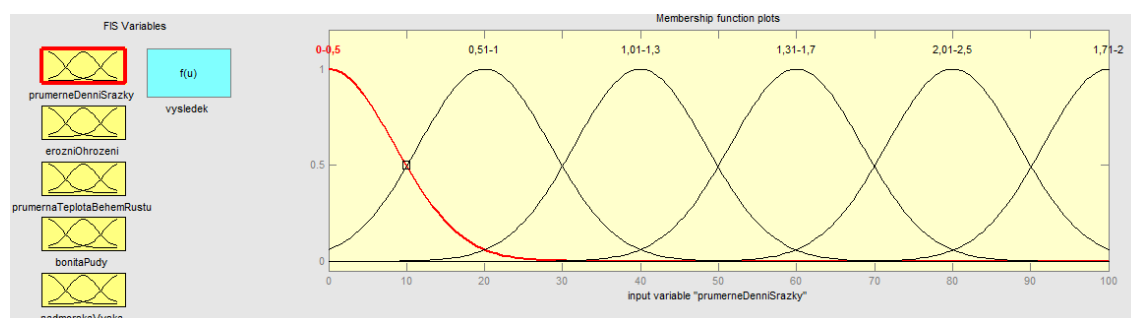
Další vytvořené modely budou popsány již méně detailně, důvodem je shoda postupů při jejich vytváření a dostupných možností pro jejich následné zobrazení a editaci.

5.3.4 Model pro hodnocení kvality aspektů půdy

Model pro hodnocení kvality aspektů půdy se od předchozího liší především vyšší složitostí, která vychází z většího počtu členských funkcí a tato skutečnost se promítá do některých aspektů vycházejících z procesu generování modelu. Pro generování již nemohla být použita lineární reprezentace, na místo toho se jedná o techniku konstantní,

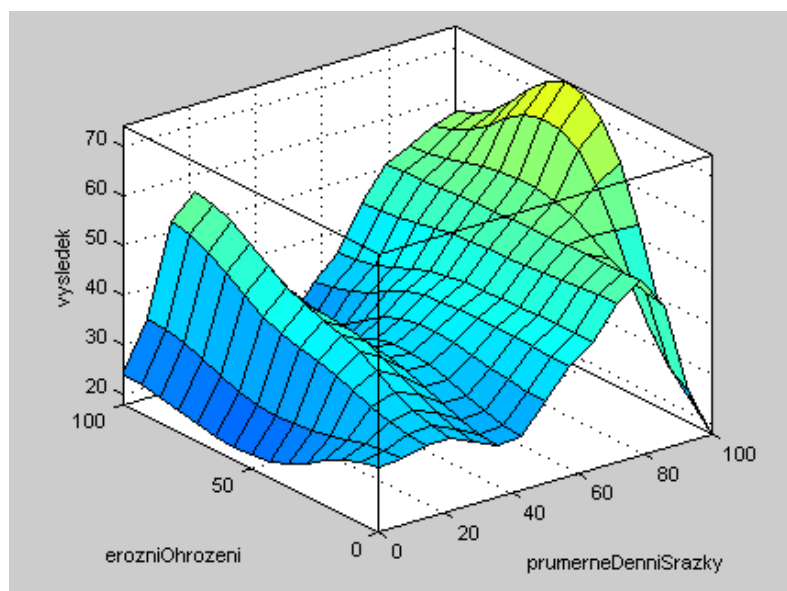
a to z důvodu nedostatku operační paměti při vytváření pětinasobně větší sady pravidel, z tohoto pohledu se šlo na úplná maxima možností.

Pěti vstupním proměnným bylo přiřazeno váhování [0,27; 0,23; 0,23; 0,18; 0,09]. Zajímavostí může být skutečnost, že hodnocení pro udávané průměrné denní srážky neroste úměrně s mm úhrnem srážek, vyšší hodnoty než 2 mm srážek denně začínají působit kontraproduktivně a mají na plodiny negativní dopad ve formě plísňí, to se projevuje především u brambor a obilnin. Vytvářený model tento fakt respektuje.



Obrázek 22: Model pro hodnocení kvality aspektů půdy; vlastní zpracování.

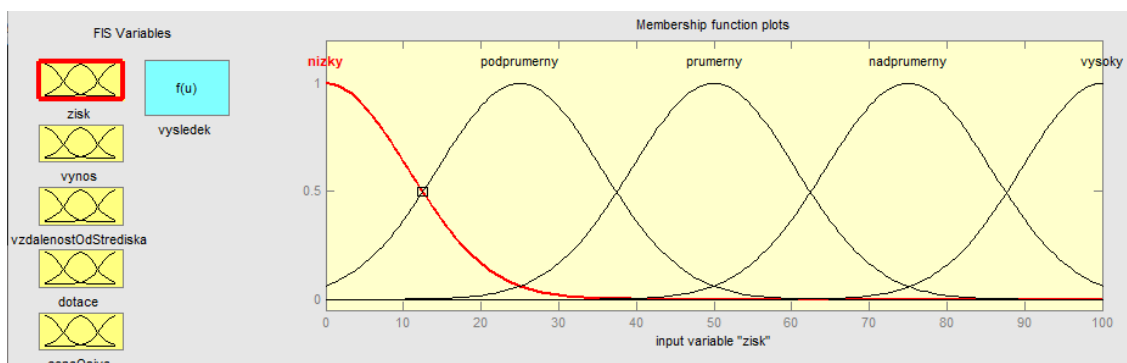
Následující obrázek 23 opět zaznamenává závislost výstupní proměnné na dvou váhově nejdůležitějších vstupních proměnných v surface editoru, již lze pozorovat výrazně složitější 3D strukturu.



Obrázek 23: Závislost dvou vstupních proměnných v modelu pro hodnocení plodiny; vlastní zpracování.

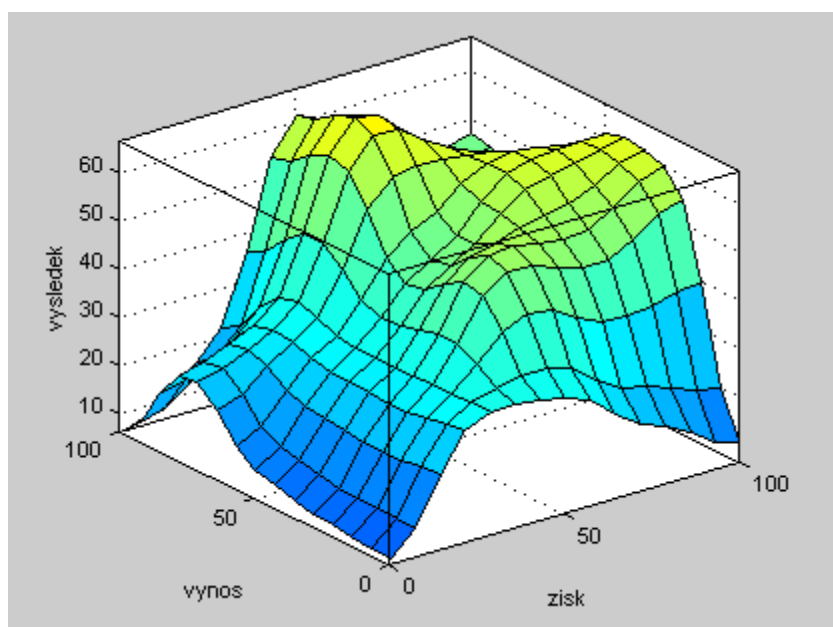
5.3.5 Model pro hodnocení kvality aspektů ceny

Model pro hodnocení kvality aspektů ceny je charakterem podobný půdnímu modelu a vykazuje ze stejného důvodu totožný přístup ke generování výsledků. Vstupním proměnným byly přiřazeny váhy [0,45; 0,23; 0,14; 0,10; 0,08], zisk je zde tedy stanoven se značně vyšší důležitostí, což vyplývá i z účelů práce a nutného podnikatelského smýšlení.



Obrázek 24: Model pro hodnocení kvality aspektů ceny; vlastní zpracování.

Opět zachycení vazby dvou nejdůležitějších proměnných na výstupní výsledek.

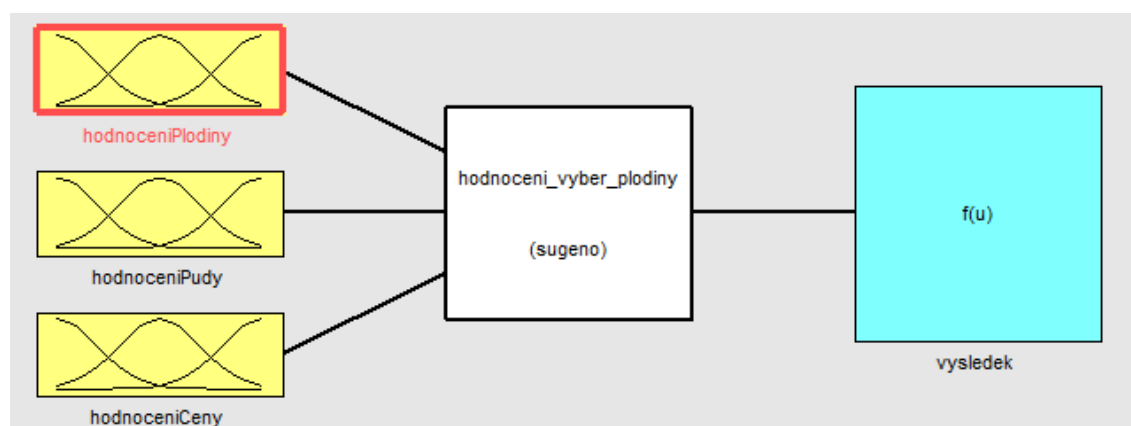


Obrázek 25: Závislost dvou vstupních proměnných v modelu pro hodnocení ceny; vlastní zpracování.

5.4 Sjedení fuzzy modelů

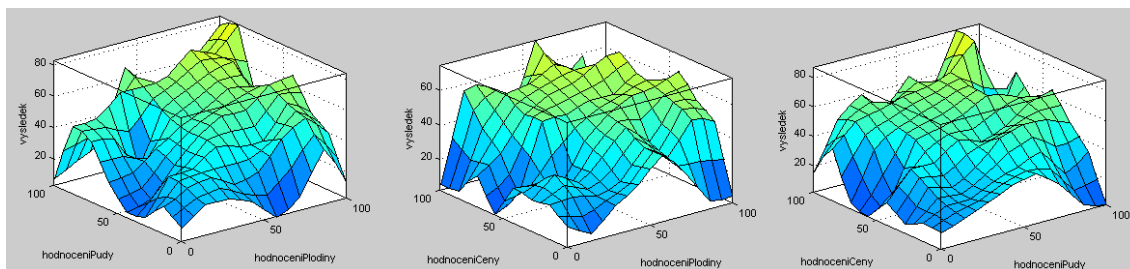
Doposud vytvořené fuzzy modely sloužily pouze jako dílčí části zamýšlené na pozdějšího sjedení, důvodem tohoto přístupu byla extrémní úspora výpočetních zdrojů. Nově vytvořený model hodnocení výběru plodiny přijímá jako svůj vstup výpočty dílčích modelů a poté je průměruje v jeden výsledný, tento přístup lze validním způsobem využít díky předchozímu zavedení váhování a nedochází tedy ke ztrátě identifikace důležitosti vstupních proměnných.

Přestože každá z potenciálně pěstovaných plodin vyžaduje jiné nároky a vyznačuje se jinou citlivostí na pozitivní a negativní zemědělské aspekty, tak v rámci této práce sdílí jeden společný univerzální výpočetní fuzzy model. Opačným přístupem by bylo vytvoření specifického modelu pro všechny analyzované plodiny, to však představuje výrazně vyšší režii. Takové řešení však nemá žádný přínos v případě, že se před vstupem modelu přidá vrstva předzpracování a mapování fuzzy vstupů na hodnoty pro konkrétní plodiny a tato technika je zde použita.



Obrázek 26: Sjedení fuzzy modelů; vlastní zpracování.

Jelikož se výsledek zachycující procentuální vhodnost analyzované plodiny odvíjí od právě tří předchozích modelů, tak by byla velmi názorná a efektivní reprezentace závislostí vstupů formou animovaného 4D prostoru, jež by byl přílohou práce. To však není v nástroji Suface Viewer možné, a proto jsou na následujícím obrázku 27 zachyceny všechny vzájemné kombinace vstupních proměnných.



Obrázek 27: Závislost vstupních proměnných ve výsledném modelu; vlastní zpracování.

5.5 Uživatelská obsluha výsledného modelu

Pro usnadnění uživatelské obsluhy výpočetních modelů bylo vytvořeno grafické uživatelské rozhraní, které se v adresáři s modely a v nástroji MATLAB 2.5 spouští příkazem `vyber_plodiny_gui` a slouží jako nástavba pro celý realizovaný systém. Toto řešení přináší velkou výhodu i v jednoduchosti a v míře své abstrakce. Uživatel, který s podobným nástrojem pracuje nemusí mít žádné povědomí o procesech vykonávaných v pozadí, nepotřebuje žádné znalosti na téma fuzzy problematiky a zároveň je tímto způsobem vyžadováno značně méně zkušeností při práci s programem MATLAB.

Aplikace umožňuje po kompletním zadání vstupních proměnných spuštění výpočtů predikce nejvhodnější plodiny, přičemž výsledky vhodnosti pro veškeré uvažované plodiny jsou zobrazeny v samostatné tabulce, která může být pomocí tlačítka vyvolávajícího výběrové dialogové okno exportována do souboru. Nejvhodnější plodina je rovněž po realizování výpočtů explicitně uvedena v hlavním okně formuláře a tím se zvýší přehlednost výstupní informace. Ta by však neměla být nikdy brána jako jediná relativní uvažovaná pěstitelská varianta v rámci nejvyšší vhodnosti; pouze zanedbatelně méně vhodné mohou být v některých situacích i jiné plodiny, které by dávalo smysl pěstovat v případě vyšší zákaznické poptávky, a proto je zde uvedena i právě zmíněná tabulka zachycující procentuální vhodnost pro každou z potenciálních plodin. Zdrojové kódy aplikace nejsou z důvodu svého rozsahu uvedeny v této kapitole, ale jsou součástí příloh práce C.

Následující obrázek 28 zachycuje grafické uživatelské rozhraní a potvrzuje tak skutečnost, že se jedná o intuitivní prostředí, které nevyžaduje dalšího vysvětlování.

Predikce pro výběr nejvhodnější plodiny za účelem nejvyšších zisků

Bonita půdy: středně produkční

Nadmořská výška: 600 - 620 [m]

Průměrná teplota během růstu: 26 - 30 [°C]

Průměrné denní srážky: 1,71 - 2 [mm]

Erozní ohrožení: nízké

Vzdálenost od střediska: 0 - 1 [km]

Délka pěstování plodiny: 7 - 9 [měsíc]

Předchozí plodina: řepka

Pěstební náročnost: středně náročné

Velikost parcely: více [ha]

Dotace: více [Kč]

Cena osiva: 2 000 - 2 500 [Kč/ha]

Výnos: 5,01 - 6 [t/ha]

Zisk: vysoký [Kč]

Vypočti predikci

Nejvhodnější plodina: **pšenice ozimá**

Ulož tabulku do souboru

	plodina	vhodnost [%]
1	pšenice ozimá	63.47
2	ječmen ozimý	61.10
3	ječmen sladovnický	57.07
4	žito ozimé	63.36
5	oves jařina	49.47
6	kukuřice	35.67
7	řepka	36.25
8	brambory konzumní	49.58
9	brambory průmyslové	23.79
10	brambory sadbové	63.45

Obrázek 28: Grafické uživatelské prostředí aplikace pro výběr plodiny; vlastní zpracování.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá využitím umělé inteligence za účelem podpory pro rozhodování podniku. Cílem práce byla implementace nástroje pro predikci nejvhodnější zemědělské plodiny pro výsadbu na konkrétní parcele za účelem maximalizace zisku.

V úvodních kapitolách je pozornost věnována přípravě na část návrhovou, to obnáší proces hledání hlavních kritérií ovlivňujících výběr plodiny a specifikaci jejich váhových důležitostí. Zjištěné závěry jsou vnášeny do tabulek, pomocí kterých lze méně efektivním způsobem vhodnost plodiny počítat, také však slouží jako parametry pro pozdější tvorbu fuzzy modelů. Zmíněné modely jsou jádrem rozhodovací aplikace a byly vytvořeny pomocí sestavených neuronových sítí, které na vstup berou sadu testovacích dat vygenerovaných v pomocném programu napsaném v programovacím jazyce C++, a to pouze pro účely této práce. Schopnost tvorby takové testovací datové sady vychází z hlubokého pochopení vlastností zvolených kritérií a zemědělské problematiky jako celku.

Aplikace byla úspěšně vytvořena a po otestování vykazuje všechny známky očekávané bezchybné funkcionality, takový závěr poukazuje na skutečnost správné implementace všech dílčích částí komplexního systému. Rovněž se jedná o uživatelsky přívětivé a na obsluhu nenáročné grafické uživatelské rozhraní. Slabým místem práce naopak může být mírné zjednodušení pěstitelských návyků. Nejsou zde jako výstup uvažovány plodiny, které nejsou pěstovány za účelem zisku, například trávy, ty slouží k zvyšování kvality půdy. Tuto skutečnost musí lidská obsluha sestrojené pomocné aplikace zohlednit v několika málo krajních situacích.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LAUDER, Silvie. Alan Turing, hrdina dohnaný k sebevraždě [online]. Praha: Respekt, 2014, 2019-07-18 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.respekt.cz/tydenik/2014/2/alan-turing-muz-s-prilis-mnoha-maskami>
- [2] TURING, Alan Mathison. Computing machinery and intelligence [online]. Londýn: Mind, 1950 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/mind/article/LIX/236/433/986238>
- [3] Člověk vs. stroj [online]. Praha: Prima Zoom, 2018 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://zoommagazin.iprima.cz/veda-technika/clovek-vs-stroj-ve-kterych-hrach-ma-umela-intelligence-navrch>
- [4] Neural Networks for Image Recognition [online]. San Francisco: MissingLink AI, 2017 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://missinglink.ai/guides/computer-vision/neural-networks-image-recognition-methods-best-practices-applications/>
- [5] DOSTÁL, Petr, Karel RAIS a Zdeněk SOJKA. Pokročilé metody manažerského rozhodování. Praha 7: Grada Publishing, 2005, 168 s. ISBN 80-247-1338-1.
- [6] What's Fuzzy Logic [online]. Řím: Andrea Minini, 2020 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <http://www.andreaminini.com/en/artificial-intelligence/fuzzy-logic>
- [7] CHEN, G. K. C. a G. KAIRYS. When and when not to use fuzzy logic in industrial control [online]. Toronto: IEEE, 1993 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=299142>
- [8] MIZUMOTO, Masaharu a Kokichi TANAKA. Fuzzy Sets and Their Operations [online]. Osaka: Information and control, 1981 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/82186810.pdf>
- [9] What is Fuzzy Logic in AI [online]. edureka!, 2019 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.edureka.co/blog/fuzzy-logic-ai/>

- [10] Fuzzy Logic Controller: Choosing Membership Function [online]. StackExchange, 2017 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://ai.stackexchange.com/questions/2762/fuzzy-logic-controller-choosing-membership-function>
- [11] NOVÁK, Vilém. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN, 2000, 176 s. ISBN 80-7300-009-1.
- [12] What is MATLAB [online]. The MathWorks, 2020 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html>
- [13] RAJA, Adbul Majed. Visualize Programming Language Popularity [online]. Towards data science, 2019 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/visualize-programming-language-popularity-using-tiobeindexpy-f82c5a96400d?gi=3337f4f064fe>
- [14] Diagram showing soil layers [online]. freepik, 2019 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-soil-layers-earth_5837866.htm
- [15] REID, Kathryn. 5 global hunger facts [online]. World vision, 2018 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.worldvision.org/hunger-news-stories/global-hunger-facts>
- [16] Data on soil lost due to water [online]. Basel: European commission, 2017 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/how-much-soil-goes-down-drain-new-data-soil-lost-due-water>
- [17] Improving farmland through soil [online]. Basel: Syngenta, 2020 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.syngenta.com/sustainability/good-growth-plan/rescue-more-farmland>
- [18] Uživatelská příručka, eroze od roku 2019 [online]. Praha: Ministerstvo České republiky, 2019 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/609079/Prirucka_eroze_od_2019.pdf?fbclid=IwAR32D0Wq0KPzKnXbMaaRTJJoJoRZwvF2zBLvB93jB4WrbEEgYGDOviTI7yWE

- [19] Úplný výpis z obchodního rejstříku [online]. Praha: Ministerstvo spravedlnosti České republiky, 2020 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=547248&typ=UPLNY>
- [20] SWOT analýza [online]. Management mania, 2017 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>
- [21] Informace o kvalitě půdy [online]. eKatalog BPEJ, 2019 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/83421>
- [22] DRBAL, Karel. Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2016 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/08/strategie-ochrany-pred-negativnimi-dopady-povodni-a-eroznimi-jevy-prirode-blizkymi-opatrenimi-v-ceske-republice/>
- [23] Agrotechnika pěstování obilnin [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <http://files.prochr.webnode.cz/200000092-1839a1a2d2/P%C4%9Bstov%C3%A1n%C3%AD%20ozim%C3%BDch%20obilnin.pdf>
- [24] KŘEN, Jan a Lubomír NEUDERT. Zásady střídání plodin a osevní postupy [online]. Brno: Ústav agrosystémů a bioklimatologie AF MENDELU [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/nove/Agrolesnictvi/Osevní_postupy.pdf
- [25] KALINOVÁ, Jana. Ochrana rostlin [online]. Leonardo da Vinci programme [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/ecologica/ochrana_rostlin.pdf
- [26] KAPIČKA, Jan a Václav BRANT. Metodický postup pro optimalizaci velikosti zemědělských pozemků [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2017 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: https://kalkulacka.vumop.cz/docs/Metodika_Kapicka_Brant_Optimalizace_publicace.pdf

[27] Seznam příjemců dotací [online]. Státní zemědělský investiční fond, 2018 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.szif.cz/cs/seznam-prijemcu-dotaci?ji=1000017117&opatr=&year=2018&portalAction=detail>

[28] Příručka pro žadatele [online]. Státní zemědělský investiční fond, 2020 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: https://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=/apa_anon/cs/dokumenty_ke_stazeni/platby_n_a_zaklade_jz/jz/jz/1523860845458.pdf&fbclid=IwAR2wjQsNkVdnVFfTABVWuRYdAYbRc_sRBwQCyl6DUixgmwU-eFqgmkVrdNo

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Umělá inteligence, souboj člověka a stroje.....	11
Obrázek 2: Nejednoznačnost dvoustavového posuzování situací.	13
Obrázek 3: Proces zpracování fuzzy logiky.	16
Obrázek 4: Zachycení příslušnosti k jazykovým vstupním atributům	17
Obrázek 5: Členské funkce v nástroji MATLAB	17
Obrázek 6: Popularita programovacích jazyků rok 2019.	22
Obrázek 7: Schéma půdních horizontů.	23
Obrázek 8: Mapa klimatického regionu 8.....	30
Obrázek 9: Popis všech atributů pro vybranou parcelu.	31
Obrázek 10: Teplota Nový Rychnov, první pololetí 2019.....	32
Obrázek 11: Teplota Nový Rychnov, druhé pololetí 2019	33
Obrázek 12: Srážkovost Nový Rychnov, první pololetí 2019.....	33
Obrázek 13: Srážkovost Nový Rychnov, druhé pololetí 2019.	34
Obrázek 14: Stupně erozního ohrožení na území České republiky.	35
Obrázek 15: Trénování modelu pomocí ANFIS	50
Obrázek 16: Struktura modelu ve formě neuronové sítě.	51
Obrázek 17: Dosažená přesnost při trénování modelu	51
Obrázek 18: Model pro hodnocení kvality aspektů plodiny, atribut pěstební náročnost.	52

Obrázek 19: Model pro hodnocení kvality aspektů plodiny, atribut předchozí plodina..	53
Obrázek 20: Editor pravidel.....	53
Obrázek 21: Závislost dvou vstupních proměnných v modelu pro hodnocení plodiny...	54
Obrázek 22: Model pro hodnocení kvality aspektů půdy.	55
Obrázek 23: Závislost dvou vstupních proměnných v modelu pro hodnocení plodiny...	55
Obrázek 24: Model pro hodnocení kvality aspektů ceny	56
Obrázek 25: Závislost dvou vstupních proměnných v modelu pro hodnocení ceny.....	56
Obrázek 26: Sjednocení fuzzy modelů.	57
Obrázek 27: Závislost vstupních proměnných ve výsledném modelu	58
Obrázek 28: Grafické uživatelské prostředí aplikace pro výběr plodiny.....	59

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Popis kódů BPEJ	29
Tabulka 2: Délka pěstování ozimých a jarních plodin	37
Tabulka 3: Vhodné předplodiny pro obilniny.....	38
Tabulka 4: Obdržené dotace pro ZD Dušejov v roce 2018	41
Tabulka 5: Cena osiva pro pěstované plodiny	43
Tabulka 6: Výnosy pěstovaných plodin.....	43
Tabulka 7: Prodejní ceny pěstovaných plodin	44
Tabulka 8: Transformační matice	45
Tabulka 9: Ohodnocená transformační matice pro brambory průmyslové	46
Tabulka 10: Stavová matice.....	47
Tabulka 11: Retransformační matice	48

Příloha A

Ohodnocené transformační matice uvažovaných plodin

Ohodnocená transformační matice – pšenice ozimá														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	65	40	0	15	60	70	0	100	0	40	0	70	10	100
2	45	38	10	25	85	60	0	100	0	45	0	60	40	100
3	30	36	25	45	100	50	50	100	10	50	0	50	70	90
4	15	34	45	65		35	30	80	80	55	0	15	85	60
5	5	32	65	80		10		80	100	60	0	0	100	20
6		30	75	70		0		70		65	0	0		
7			85					80						
8			75					80						
9								80						
10								0						
11								80						
12								70						
13								100						

Ohodnocená transformační matice – ječmen sladovnický														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	65	40	0	20	60	70	100	90	0	40	0	70	10	100
2	45	38	10	30	85	60	40	90	0	45	0	65	40	90
3	30	36	25	50	100	50	5	90	30	50	0	60	70	60
4	15	34	45	70		35	0	85	60	55	0	40	85	20
5	5	32	65	90		10		85	100	60	0	10	100	0
6		30	75	80		0		85		65	0	0		
7			85					40						
8			75					0						
9								80						
10								60						
11								80						
12								70						
13								70						

Ohodnocená transformační matice – ječmen ozimý														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	70	44	0	20	75	70	0	80	0	40	0	70	5	100
2	55	42	10	30	90	60	0	80	0	45	0	65	35	95
3	40	40	25	50	100	50	50	80	10	50	0	60	65	80
4	25	38	45	70		35	30	90	80	55	0	40	80	50
5	15	36	65	90		10		90	100	60	0	10	100	20
6		34	75	80		0		90		65	0	0		
7			85					0						
8			75					80						
9								80						
10								80						
11								80						
12								70						
13								70						

Ohodnocená transformační matice – žito ozimé														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	75	48	0	20	55	70	0	80	0	40	0	70	0	100
2	60	46	10	35	80	55	0	80	0	45	0	60	20	75
3	40	44	25	55	100	45	50	80	20	50	0	10	55	45
4	25	42	45	75		25	30	90	85	55	0	0	80	10
5	10	40	65	90		10		90	100	60	0	0	100	0
6		38	75	80		0		90		65	0	0		
7			85					80						
8			75					80						
9								0						
10								80						
11								80						
12								70						
13								100						

Ohodnocená transformační matice – oves jařina														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	80	48	0	5	65	70	100	100	0	40	0	70	20	100
2	70	46	10	20	90	65	85	100	0	45	0	10	70	100
3	55	44	20	45	100	45	15	100	15	50	0	0	90	90
4	45	42	40	70		25	0	85	45	55	0	0	100	80
5	35	40	60	90		10		85	100	60	0	0	100	30
6		38	70	100		0		80		65	0	0		
7			80					65						
8			75					85						
9								65						
10								65						
11								0						
12								80						
13								100						

Ohodnocená transformační matice – řepka														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	70	40	0	10	80	70	0	100	0	45	0	70	85	100
2	55	38	10	25	90	55	0	100	0	50	0	60	100	95
3	35	36	25	45	100	40	0	100	30	55	0	5	100	80
4	25	34	45	70		25	30	90	60	60	0	0	100	50
5	15	32	65	80		10		0	100	65	0	0	100	20
6		30	75	45		0		0		70	0	0		
7			85					0						
8			75					100						
9								80						
10								0						
11								0						
12								0						
13								0						

Ohodnocená transformační matice – kukuřice														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	80	34	0	10	20	70	100	100	0	15	0	70	90	100
2	65	32	10	25	40	35	85	100	0	25	0	65	100	100
3	45	30	20	45	90	5	15	100	15	35	0	60	100	100
4	30	28	45	70		0	0	85	45	45	0	50	100	80
5	15	26	80	80		0		85	100	55	0	40	100	40
6		24	90	45		0		85		65	0	10		
7			85					70						
8			60					85						
9								70						
10								65						
11								90						
12								0						
13								100						

Ohodnocená transformační matice – brambory konzumní														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	80	48	0	5	20	70	100	100	0	55	30	70	85	100
2	70	46	10	20	40	45	75	100	10	50	50	70	90	95
3	55	44	25	40	90	20	10	100	40	45	20	65	100	80
4	45	42	40	65		0	0	0	80	40	0	60	100	55
5	30	40	55	80		0		0	100	35	0	50	100	20
6		38	80	45		0		0		25	0	30		
7			80					65						
8			70					80						
9								85						
10								90						
11								65						
12								60						
13								80						

Ohodnocená transformační matice – brambory průmyslové														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	80	48	0	5	20	70	100	100	0	55	10	70	85	100
2	70	46	10	20	40	45	75	100	0	60	30	70	90	100
3	55	44	25	40	90	20	10	100	10	65	50	65	100	100
4	45	42	40	65		0	0	0	80	40	20	60	100	70
5	30	40	55	80		0		0	100	35	0	50	100	30
6		38	80	45		0		0		25	0	30		
7			80					65						
8			70					80						
9								85						
10								90						
11								65						
12								60						
13								80						

Ohodnocená transformační matice – brambory sadbové														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Bonita půdy – náročnost	Nadmořská výška [m]	Průměrná teplota během růstu [°C]	Průměrné denní srážky [mm]	Erozní ohrožení	Vzdálenost od střediska [km]	Délka pěstování plodiny [měsíc]	Předchozí plodina	Pěstební náročnost	Velikost parcely [ha]	Dotace [Kč]	Cena osiva [Kč/ha]	Výnos [t/ha]	Zisk [Kč]
1	80	48	0	5	20	70	100	100	0	55	0	70	85	100
2	70	46	10	20	40	55	75	100	20	50	0	70	90	90
3	55	44	25	40	90	35	10	100	60	45	0	65	100	75
4	45	42	40	65		15	0	0	90	40	0	60	100	50
5	30	40	55	80		0		0	100	35	0	50	100	20
6		38	80	45		0		0		25	0	30		
7			80					65						
8			70					80						
9								85						
10								90						
11								65						
12								60						
13								80						

Příloha B

Zdrojový kód generátoru datové sady v programovacím jazyce C++

```
#!/ \file    generate_test_data.cpp
#!/ \author  Filip Samuel Brezna
#!/ \date    10. 5. 2020

#include <random>
#include <vector>
#include <fstream>
#include <iostream>

bool otevriSoubor(std::ofstream & soubor, const std::string nazevSouboru)
{
    soubor.open(nazevSouboru, std::ios::out);

    if (!soubor.is_open())
    {
        std::cout << "Soubor pro testovací sadu nemohl byt
vytvoren.\n";
        return false;
    }

    return true;
}

std::vector<std::vector<std::uint32_t>> generujNahodneCislo(const
std::uint32_t pocetPolozek, const std::uint32_t pocetOpak)
{
    using namespace std;

    random_device rd;
    mt19937 ncg(rd());
    uniform_int_distribution<mt19937::result_type> dist100(0, 100);

    vector<vector<uint32_t>> generovanaCisla(pocetPolozek);

    for (uint32_t i = 0; i < pocetPolozek; ++i)
    {
        for (uint32_t j = 0; j < pocetOpak; ++j)
        {
            generovanaCisla[i].push_back(dist100(ncg));
        }
    }

    return generovanaCisla;
}
```

```

int main()
{
    using namespace std;

    uint32_t pocetOpak {0};

    cout << "GENERATOR TESTOVACI SADY\n\n";

    while (pocetOpak < 1 || pocetOpak > 10'000)
    {
        cout << "Zadej pozadovany pocet polozek pro vytvorenou  
testovací sadu (bez mezer). Max 10 000 polozek.\n";
        cin >> pocetOpak;

        if (cin.fail())
        {
            cin.clear();
            cin.ignore(numeric_limits<streamsize>::max(), '\n');
        }
    }

    ofstream soubor;

    if (!otevriSoubor(soubor, "test_data_puda.dat"))
    {
        return EXIT_FAILURE;
    }

    auto genCisla = generujNahodneCislo(5u, pocetOpak);

    for (uint32_t i = 0; i < pocetOpak; ++i)
    {
        soubor <<
            genCisla[0][i] << "\t" <<
            genCisla[1][i] << "\t" <<
            genCisla[2][i] << "\t" <<
            genCisla[3][i] << "\t" <<
            genCisla[4][i] << "\t" <<

            genCisla[0][i] * 0.27 +           // prumerne denni
srazky
            genCisla[1][i] * 0.23 +           // erozni ohrozeni
            genCisla[2][i] * 0.23 +           // prumerna teplota
behem rustu
            genCisla[3][i] * 0.18 +           // bonita pudy
            genCisla[4][i] * 0.09 <<         // nadmorska vyska
            "\n";

        }
        cout << "Pudni testovací sada byla vytvorena.\n";

        soubor.close();
        if (!otevriSoubor(soubor, "test_data_plodiny.dat"))
        {
            return EXIT_FAILURE;
        }
    }
}

```

```

genCisla = generujNahodneCislo(4u, pocetOpak);

for (uint32_t i = 0; i < pocetOpak; ++i)
{
    soubor <<
        genCisla[0][i] << "\t" <<
        genCisla[1][i] << "\t" <<
        genCisla[2][i] << "\t" <<
        genCisla[3][i] << "\t" <<

        genCisla[0][i] * 0.33 +           // delka pestovani
plodiny
        genCisla[1][i] * 0.27 +           // predchozi plodina
        genCisla[2][i] * 0.22 +           // pestebni narocnost
        genCisla[3][i] * 0.18 <<         // velikost parcely
        "\n";

}
cout << "Plodinova testovaci sada byla vytvorena.\n";

soubor.close();
if (!otevriSoubor(soubor, "test_data_ceny.dat"))
{
    return EXIT_FAILURE;
}

genCisla = generujNahodneCislo(5u, pocetOpak);

for (uint32_t i = 0; i < pocetOpak; ++i)
{
    soubor <<
        genCisla[0][i] << "\t" <<
        genCisla[1][i] << "\t" <<
        genCisla[2][i] << "\t" <<
        genCisla[3][i] << "\t" <<
        genCisla[4][i] << "\t" <<

        genCisla[0][i] * 0.45 +           // zisk
        genCisla[1][i] * 0.23 +           // vynos
        genCisla[2][i] * 0.14 +           // vzdalenost od
strediska
        genCisla[3][i] * 0.10 +           // dotace
        genCisla[4][i] * 0.08 <<         // cena osiva
        "\n";

}
cout << "Cenova testovaci sada byla vytvorena.\n";

soubor.close();

return EXIT_SUCCESS;
}

```

Příloha C

Zdrojový kód aplikace pro obsluhu modelů

```
function [output] = zkontrolujNastaveniAtributu(hObject, eventdata, handles)
if get(handles.popupmenu1, 'Value') == 1 ||
get(handles.popupmenu2, 'Value') == 1 ||...
    get(handles.popupmenu3, 'Value') == 1 ||
get(handles.popupmenu4, 'Value') == 1 ||...
    get(handles.popupmenu5, 'Value') == 1 ||
get(handles.popupmenu6, 'Value') == 1 ||...
    get(handles.popupmenu7, 'Value') == 1 ||
get(handles.popupmenu8, 'Value') == 1 ||...
    get(handles.popupmenu9, 'Value') == 1 ||
get(handles.popupmenu10, 'Value') == 1 ||...
    get(handles.popupmenu11, 'Value') == 1 ||
get(handles.popupmenu12, 'Value') == 1 ||...
    get(handles.popupmenu13, 'Value') == 1 ||
get(handles.popupmenu14, 'Value') == 1

    output = false;
else
    output = true;
end

function vysledek = spoctiHodnoceniPlodiny(hObject, eventdata, handles, plodina, model)
vysledek = evalfis(...
    [plodina.delkaPest(get(handles.popupmenu7, 'Value') -1),
    ...
    plodina.predchPlod(get(handles.popupmenu8, 'Value') -1),
    ...
    plodina.pestNaroc(get(handles.popupmenu9, 'Value') -1),
    ...
    plodina.velikParcely(get(handles.popupmenu10, 'Value') -
1)], ...
    model);

function vysledek = spoctiHodnoceniPudy(hObject, eventdata, handles, plodina, model)
vysledek = evalfis(...
    [plodina.prumSrazky(get(handles.popupmenu4, 'Value') -1),
    ...
    plodina.erozOhroz(get(handles.popupmenu5, 'Value') -1),
    ...
    plodina.prumTep1(get(handles.popupmenu3, 'Value') -1),
    ...
    plodina.bonita(get(handles.popupmenu1, 'Value') -1), ...
    plodina.nadmVyska(get(handles.popupmenu2, 'Value') -
1)], ...
    model);
```

```

function vysledek = spoctiHodnoceniCeny(hObject, eventdata,
handles, plodina, model)
vysledek = evalfis(...
    [plodina.zisk(get(handles.popupmenu14, 'Value') -1), ...
    plodina.vynos(get(handles.popupmenu13, 'Value') -1), ...
    plodina.vzdaLOdStred(get(handles.popupmenu6, 'Value') -1), ...
    plodina.dotace(get(handles.popupmenu11, 'Value') -1), ...
    plodina.cenaOsiva(get(handles.popupmenu12, 'Value') -1)], ...
    model);
function vysledek = spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject, eventdata,
handles, plodina, hodnoceniPlodinyModel, hodnoceniPudyModel,
hodnoceniCenyModel, model)

hodnoceniPlodiny = spoctiHodnoceniPlodiny(hObject, eventdata,
handles, plodina, hodnoceniPlodinyModel);
hodnoceniPudy = spoctiHodnoceniPudy(hObject, eventdata, handles,
plodina, hodnoceniPudyModel);
hodnoceniCeny = spoctiHodnoceniCeny(hObject, eventdata, handles,
plodina, hodnoceniCenyModel);

vysledek = evalfis([hodnoceniPlodiny, hodnoceniPudy,
hodnoceniCeny], model);

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
clc;
clearvars -except hObject eventdata handles;

if ~zkontrolujNastaveniAtributu(hObject, eventdata, handles)
    msgbox('Je třeba nejprve vybrat všechny položky pro všechny
vstupní proměnné.');
```

return;

end

```

set(handles.uitable1, 'data', {});
set(handles.text28, 'String', {});

% nacti vsechny plodiny do workspace
psenice_ozima = load('plodiny/psenice_ozima.mat');
jecmen_ozimy = load('plodiny/jecmen_ozimy.mat');
jecmen_sladovnický =
load('plodiny/jecmen_sladovnický.mat');
zito_ozime = load('plodiny/zito_ozime.mat');
oves_jarina = load('plodiny/oves_jarina.mat');
kukurice = load('plodiny/kukurice.mat');
repka = load('plodiny/repka.mat');
brambory_konzumni = load('plodiny/brambory_konzumni.mat');
brambory_prumyslove =
load('plodiny/brambory_prumyslove.mat');
brambory_sadbove = load('plodiny/brambory_sadbove.mat');
```

```

hodnoceniPlodinyModel      =
readfis('hodnoceni_plodiny.fis');
hodnoceniPudyModel        = readfis('hodnoceni_puda.fis');
hodnoceniCenyModel        = readfis('hodnoceni_ceny.fis');
hodnoceniVyberPlodinyModel =
readfis('hodnoceni_vyber_plodiny');

max = 0;
maxString = '';

% psenice ozima
hodnoceniPseniceOzima = spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject,
eventdata, handles, psenice_ozima, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniPseniceOzima > max
    max = hodnoceniPseniceOzima;
    maxString = 'pšenice ozimá';
end

% jecmen ozimy
hodnoceniJecmenOzimy = spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject,
eventdata, handles, jecmen_ozimy, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniJecmenOzimy > max
    max = hodnoceniJecmenOzimy;
    maxString = 'ječmen ozimý';
end

% jecmen sladovnický
hodnoceniJecmenSladovnický =
spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject, eventdata, handles,
jecmen_sladovnický, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniJecmenSladovnický > max
    max = hodnoceniJecmenSladovnický;
    maxString = 'ječmen sladovnický';
end

% zito ozime
hodnoceniZitoOzime = spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject,
eventdata, handles, zito_ozime, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniZitoOzime > max
    max = hodnoceniZitoOzime;
    maxString = 'žito ozimé';
end

```



```

% oves jarina
hodnoceniOvesJarina = spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject,
eventdata, handles, oves_jarina, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniOvesJarina > max
    max = hodnoceniOvesJarina;
    maxString = 'oves jařina';
end

% kukurice
hodnoceniKukurice = spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject,
eventdata, handles, kukurice, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniKukurice > max
    max = hodnoceniKukurice;
    maxString = 'kukuřice';
end

% repka
hodnoceniRepka = spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject,
eventdata, handles, repka, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniRepka > max
    max = hodnoceniRepka;
    maxString = 'řepka';
end

% brambory konzumni
hodnoceniBramboryKonzumni =
spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject, eventdata, handles,
brambory_konzumni, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniBramboryKonzumni > max
    max = hodnoceniBramboryKonzumni;
    maxString = 'brambory konzumní';
end

% brambory prumyslove
hodnoceniBramboryPrumyslove =
spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject, eventdata, handles,
brambory_prumyslove, hodnoceniPlodinyModel,
hodnoceniPudyModel, hodnoceniCenyModel,
hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniBramboryPrumyslove > max
    max = hodnoceniBramboryPrumyslove;
    maxString = 'brambory průmyslové';
end

```

```

% brambory sadbove
hodnoceniBramborySadbove =
spoctiHodnoceniVyberPlodiny(hObject, eventdata, handles,
brambory_sadbove, hodnoceniPlodinyModel, hodnoceniPudyModel,
hodnoceniCenyModel, hodnoceniVyberPlodinyModel);

if hodnoceniBramborySadbove > max
    max = hodnoceniBramborySadbove;
    maxString = 'brambory sadbové';
end

tabulkaData = ({...
    'pšenice ozimá', sprintf('%0.2f',
hodnoceniPseniceOzima); 'ječmen ozimý',
sprintf('%0.2f',hodnoceniJecmenOzimy);...
    'ječmen sladovnický',
sprintf('%0.2f',hodnoceniJecmenSladovnicky); 'žito ozimé',
sprintf('%0.2f',hodnoceniZitoOzime);...
    'oves jařina', sprintf('%0.2f',hodnoceniOvesJarina);
'kukuřice', sprintf('%0.2f',hodnoceniKukurice);...
    'řepka', sprintf('%0.2f',hodnoceniRepka); 'brambory
konzumní', sprintf('%0.2f',hodnoceniBramboryKonzumni);...
    'brambory průmyslové',
sprintf('%0.2f',hodnoceniBramboryPrumyslove); 'brambory
sadbové', sprintf('%0.2f',hodnoceniBramborySadbove)});

set(handles.uitable1, 'data', tabulkaData);

set(handles.text28, 'Visible', 'On');
set(handles.text28, 'String', maxString);

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
[FileName, PathName, FilterIndex] = uiputfile('*.txt', 'Save
table as:');
if ~ischar(FileName)
    msgbox('Vyběr souboru byl zrušen.');
```

```

    return;
end
File = fullfile(PathName, FileName);
fid = fopen(File, 'w');

tabulkaData = get(handles.uitable1, 'data');

for i = 1:10
    fprintf(fid, '%s %s\r\n', tabulkaData{i,1},
tabulkaData{i,2});
end
msgbox('Data uložena do souboru.');
```

```

fclose(fid);

```